



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE PAVIMENTO AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL AGUA
BLANCA – SHAPANAO, PROVINCIA DEL DORADO, REGIÓN DE SAN
MARTIN**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Bach. Hever Jamin Montenegro Colvaque

Bach. Isabel Lozano Villanueva

ASESOR:

Ing. Dr. Fernando Ruiz Saavedra

Tarapoto - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE PAVIMENTO AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL AGUA
BLANCA – SHAPANAO, PROVINCIA DEL DORADO, REGIÓN DE SAN
MARTIN**

Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Hever Jamin Montenegro Colvaque

Bach. Isabel Lozano Villanueva

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el 17 de Agosto de 2018


Ing. JORSE ISAACS RIOJA DÍAZ
Presidente


Ing. IVÁN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO
Secretario


Ing. CARLOS SEGUNDO HUAMÁN TORREJÓN
Vocal


Ing. Dr. FERNANDO RUIZ SAAVEDRA
Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Isabel Lozano Villanueva, con DNI N° 46212756, Domicilio Legal Jr. Los Ángeles ° 375 – Tarapoto, Bachiller de la facultad de Ingeniería civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, y **Hever Jamin Montenegro Colvaque**, con DNI N°46785841, Domicilio Legal Jr. Hilo #345 – Tarapoto con la Tesis Titulada : **“DISEÑO DE PAVIMENTO AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL AGUA BLANCA – SHAPANAO, PROVINCIA DEL DORADO, REGIÓN DE SAN MARTÍN”**.

Declaramos bajo juramento que:

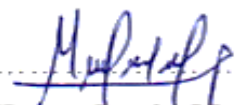
1. La tesis es de nuestra autoria.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirían en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con **datos fraudulentos**, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus **autores**), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al **presentar** la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, **asumimos las** consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la **normatividad** vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 17 de Agosto del 2018.



Isabel Lozano Villanueva
DNI N° 46212756



Hever Jamin Montenegro Colvaque
DNI N°46785841



DECLARACION JURADA

Yo, Isabel Lozano Villanueva , identificado con DNI ° 46212756 con domicilio en Jr. Los Ángeles ° 375 – Tarapoto, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Titulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, y **Hever Jamin Montenegro Colvaque** , identificada con DNI ° 46785841, con domicilio en Jr. Jr. Hilo #345 – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO** que toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, que acompaño es verás y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto 17 de Agosto del 2018.


.....
Isabel Lozano Villanueva
DNI N° 46212756




.....
Hever Jamin Montenegro Colvaque
DNI N°46785841



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	MONTENEGRO COLVAQUE HEVER JAMIN		
Código de alumno :	093156	Teléfono:	957 6141 12
Correo electrónico :	Jh. ILO 237-TARAPOTO	DNI:	9678 5841

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	DISEÑO DE PAVIMENTO AFIRMAO DEL CAMINO VECINAL AGUA BLANCA- SAAPANAO, PROVINCIA DE EL DORADO, REGIÓN SAN MARTÍN
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(x)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

23 / 11 / 2018




Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: LOZANO VILLANUEVA ISABEL	
Código de alumno : 093111	Teléfono: 949567517
Correo electrónico : islaivi_17@hotmail.com	DNI: 96212756

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	DISÑO DE PAVIMENTO AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL AGUA BLANCA - SHAPANAO PROVINCIA DE EL DORADO REGIÓN SAN MARTIN
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

23 / 11 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

* Acceso abierto: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** Acceso restringido: el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, salud, iluminar mi camino para cumplir mis metas y por regalarme unos padres maravillosos.

A mis padres, por enseñarme que en esta vida todo se obtiene con esfuerzo, los amo.

A mis hermanos, por su comprensión y apoyo constante en esta nueva etapa de mi vida profesional.

Hever Jamin Montenegro Colvaque

A Dios por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres Isabel y Ramiro que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar ser un profesional, por ellos soy lo que soy.

A mi hermano, Iselth por estar conmigo y apoyarme siempre lo quiero mucho.

Isabel Lozano Villanueva

AGRADECIMIENTO

A mi papá, por todo lo que me está enseñando de la vida, demostrándome que nada es fácil y si quiero obtener algo, que sea con esmero y dedicación.

A mi mamá, por ser mi complemento, mi compañera en todo momento.

Hever Jamin Montenegro Colvaque

A Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar dificultades y permitirme un logro más en mi vida.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ellos entre los que incluye este. Me formaron con moral y ética, y me motivaron contantemente para alcanzar mis anhelos.

Isabel Lozano Villanueva

ÍNDICE

CARATULA	vii
DEDICATORIA	xiv
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLA	xi
ÍNDICE DE TABLA	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRAC	xiv
INTRODUCCIÓN	15
 CAPITULO I: REVISION BIBLIOGRAFICA	 16
1.1.Generalidades	16
1.2.Exploración preliminar orientando la investigación	16
1.3.Ubicación del proyecto	3
1.3.1.Vías de Acceso	5
1.3.2.Clima	5
1.3.3.Topografía	6
1.3.4.Sismicidad	6
1.3.5.Geodinámica Externa	6
1.3.6.Dinámica de Suelos	7
1.4.Estado Situacional	7
1.4.1.Población Beneficiaria	7
1.4.2.Condiciones Económicas y Sociales	7
1.4.3.Servicios Existentes	7
 CAPITULO II: MARCO TEORICO	 9
2.1.Antecedentes, planteamiento del problema, delimitación, formulación del problema a resolver	9
2.1.1.Antecedentes del problema	9
2.1.2.Planteamiento del problema	10
2.1.3.Delimitación del problema	10
2.1.4.Formulación del problema	11
2.2. Objetivos	11
2.2.1.Objetivo General	11

2.2.2.Objetivos Específicos	11
2.2.3.Justificación del proyecto	11
2.3. Delimitación de la Investigación	12
2.4. Marco Teórico y Conceptual	12
2.4.1.Antecedentes de la investigación.....	12
2.4.2.Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación	13
2.5 Hipótesis	46
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS	47
3.1. Materiales	47
3.1.1.Recursos humanos.....	47
3.1.2.Recursos materiales y servicios	47
3.1.3.Recursos de Equipos	47
3.2. Metodología de la investigación	47
3.2.1.Universo y/o muestra	47
3.2.2.Sistema de variables.....	48
3.2.3.Tipos y nivel de la investigación	48
3.2.4.Diseño del método de la investigación	48
3.2.5.Diseño de instrumentos	49
3.2.6.Procesamiento de la información	49
3.2.7.Análisis e interpretación de datos y resultados	49
3.2.8.Información del proyecto: diseño obtenido	50
3.2.9.Criterio general de aplicación	50
3.2.10.Excepciones consentidas	51
3.2.11.Alineamiento horizontal	51
3.2.12.Curvas horizontales.....	52
3.2.13.Secciones transversales	52
CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
4.1. Resultados.....	56
4.1.1.Recopilación de información	56
4.2. Diseño geométrico de la carretera.....	56
4.2.1.Levantamiento topográfico	56
4.2.2.Velocidad de diseño	57
4.2.3.Determinación del radio de curvatura.....	57
4.2.4.Distance de visibilidad	58

4.2.5. Sección transversal.....	59
4.2.6. Alineamiento horizontal	59
4.2.7. Perfil longitudinal.....	61
4.3. Estudio de suelos.....	61
4.3.1. Tipos de suelos de la subrasante.....	61
4.3.2. Capacidad portante (cbr)	62
4.4. Estudio de cantera	63
4.5. Diseño de pavimento	64
4.5.1. Diseño del espesor del pavimento	64
4.6. Diseño de obras de drenaje	66
4.7. Señalización.....	67
4.8. Estudio socioeconómico.....	68
4.9. Estudios de ingeniería	68
4.9.1. Estudio de suelos.....	68
4.9.2. Diseño geométrico de la carretera	68
4.9.3. Diseño del pavimento	69
4.9.4. Diseño de obras de drenaje	69
4.9.5. Señalización.....	69
4.10. Contratación de hipótesis.	70
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS	74
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Caracterización de la subrasante	22
Tabla 2. Requisitos granulométricos de la subbase granula	23
Tabla 3. Requisitos de calidad de la subbase granular	24
Tabla 4. Caracterización de la subbase.....	24
Tabla 5. Valores mínimos de CBR para base granular.....	25
Tabla 6. Requerimientos para agregado grueso de base granular	25
Tabla 7. Caracterización de la base	26
Tabla 8. Factores de carga equivalente (EALF) en pavimentos flexibles con índice de serviciabilidad (pt) de 3 y número estructural (SN) de 5.....	29
Tabla 9. Factores de carga equivalente (EALF) en pavimentos rígidos con índice de serviciabilidad (pt) de 3 y espesor de losa de 9 pulgadas	29
Tabla 10. Valores sugeridos de confiabilidad	30
Tabla 11. Valores recomendados de coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles.....	33
Tabla 12. Espesores mínimos (pulgadas) de carpeta asfáltica y base	34
Tabla 13. Número estructural asociado al módulo de resiliencia (Mr) de la base, subbase y subrasante.....	35
Tabla 14. Alternativas AASHTO de espesores del pavimento flexible (I)	37
Tabla 15. Alternativas AASHTO de espesores del pavimento flexible (II)	38
Tabla 16. Sección transversal del pavimento flexible - AASHTO.....	38
Tabla 17. Períodos de 5 y 10 años	41
Tabla 18. Cuadro de la clase de tráfico que circula por el tramo en estudio	42
Tabla 19. Diseño de carreteras	51
Tabla 20. Población del Distrito de Agu Blanca	56
Tabla 21. Cuadro de producción de los principales cultivos en la zona del proyecto	56
Tabla 22. Control altimétrico.....	57
Tabla 23. Velocidad de diseño	57
Tabla 24. Velocidad de diseño	57
Tabla 25. Radio de curvatura.....	58
Tabla 26. Distancia de visibilidad	58
Tabla 27. Ubicación de las plazoletas de cruce	59
Tabla 28. Elementos de curvas horizontales	60
Tabla 29. Pendiente longitudinal	61
Tabla 30. Valores de c.b.r.....	62
Tabla 31. Ensayos de laboratorio	63
Tabla 32. Resumen de descripción de los suelos.....	64
Tabla 33. Estimación del cbr de diseño.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conformación típica del pavimento como elemento estructural.....	13
Figura 2. Principio de distribución de presiones en pavimentos	14
Figura 3. Sección de un pavimento flexible convencional	15
Figura 4. Sección de un pavimento rígido convencional.....	17
Figura 5. Composición de un pavimento articulado de concreto simple.....	19
Figura 6. Composición de un pavimento articulado de concreto reforzado	20
Figura 7. Composición de un pavimento continuo de concreto reforzado	20
Figura 8. Sección típica pavimento flexible	21
Figura 9. Sección típica pavimento rígido.....	21
Figura 10. Coeficiente estructural a_1 en función del módulo elástico del concreto asfáltico .	32
Figura 11. Coeficiente estructural a_2 en función de diferentes parámetros	32
Figura 12. Coeficiente estructural a_3 en función de diferentes parámetros	32
Figura 13. Procedimiento de diseño de los espesores de las capas de un pavimento flexible	35
Figura 14. Determinación de espesor de capa de revestimiento granular	43
Figura 15. Catálogo de capas de revestimiento granular	44
Figura 16. Sección transversal típica en terraple y curva	54
Figura 17. Sección transversal en tangente.	54
Figura 18. Sección transversal en curva	55

RESUMEN

El presente trabajo de Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, se ha desarrollado con la finalidad de efectuar un aporte técnico-científico para contribuir a determinar el Diseño de un Pavimento a nivel de Afirmado de un Camino Vecinal.

La investigación es de tipo aplicada y se ha llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollando el proyecto en las provincia del Dorado , en la Región San Martín. Este trabajo se ha desarrollado aplicando sobre el terreno las teorías y normas existentes de topografía, mecánica de suelos, estudio de Trafico, diseño de pavimento y otros afines, y que han permitido contar con el Diseño de Pavimento Afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapano, Distrito de Agua Blanca , Provincia del Dorado, Región de San Martin en una longitud de 9.80 Km.

Ello implica darle una solución técnica al problema, efectuándose todas aquellas actividades necesarias de las cuales se pueden mencionar: visitas preliminares, levantamiento topográfico, cálculo topográfico, diseño geométrico, del camino, movimiento de tierras y sus volúmenes, drenajes transversales y longitudinales, diseño de pavimento a nivel de afirmado, formulación de su presupuesto, programación de la Obra y elaboración de planos

Los resultados evidencian a todas luces que es posible lograr, a partir de la correcta aplicación de las teorías, estudios y diseños correspondientes el espesor del pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal estudiado.

De esta manera se contribuye al desarrollo económico y social de los caseríos vecinos, pues se incrementa el nivel de vida de su población, contribuyendo el desarrollo de nuestro país.

Palabras claves: Pavimento, Camino Vecinal , Moyobamba [Provincia], Afirmado.

ABSTRAC

The present work of Thesis to choose the Professional Title of Civil Engineer, has been developed with the purpose of making a technical-scientific contribution to help determine the design of a pavement at the level of a neighborhood road.

The research is of applied type and has been carried out by the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín, developing the project in the province of Dorado, in the San Martín Region. This work has been developed applying in the field the existing theories and norms of topography, soil mechanics, traffic study, pavement design and other related, and that have allowed to have the Affirmed Pavement Design of the Agua Blanca - Shapano Neighborhood Road , District of Agua Blanca, Province of Dorado, Region of San Martin in a length of 9.80 Km.

This implies giving a technical solution to the problem, carrying out all those necessary activities of which we can mention: preliminary visits, topographic survey, topographic calculation, geometric design, road, earthworks and volumes, transversal and longitudinal drainages, design of pavement at the level of affirmed, formulation of your budget, programming of the Work and preparation of plans

The results show clearly that it is possible to achieve, from the correct application of the theories, studies and corresponding designs, the thickness of the pavement at the level of the neighborhood road studied.

In this way it contributes to the economic and social development of the neighboring villages, as the standard of living of its population increases, contributing to the development of our country.

keywords: Pavement, Camino Vecinal, Moyobamba [Province], Affirmed.



INTRODUCCIÓN

A pesar del notable crecimiento económico que ha presenciado el país en los últimos años, el Perú no ha conseguido aún resolver su déficit de infraestructura en lo que concierne a vías de comunicación terrestre. “Este déficit hace del Perú un país no solo incomunicado e invertebrado, sino además lento y moroso en su gestión administrativa, productiva y económica, lo cual retrasa el desarrollo de muchas de sus provincias y preserva así seculares bolsones de pobreza”. El desarrollo y crecimiento de un país, se sustenta en la integración de las distintas poblaciones a los mercados nacionales e internacionales para de esta manera fomentar el intercambio sociocultural entre ellas y así permitir potenciar sus ventajas competitivas. Para lograr este objetivo es necesaria la elaboración de un plan de integración sustentado en el desarrollo de nueva infraestructura vial.

El Perú, desde el punto de vista de las vías de comunicación terrestres, presenta un cúmulo de dificultades debido a su territorio accidentado y variado. Sus diferentes accidentes morfológicos constituyen un desafío permanente que acentúa la desintegración nacional; por ello, es de vital importancia la creación de nueva infraestructura vial como parte de un plan por la integración política, social y económica del país.

En ese sentido, surgió la necesidad de construir una carretera que sirviera de acceso del Distrito de Agua Blanca - Shapanao el cual cumpliría un rol importante en el desarrollo del comercio nacional e internacional del país. Esta tesis contempla el diseño de pavimento afirmado de dicha carretera considerando dos diferentes opciones, para de esta manera determinar la mejor opción técnico – económica de acuerdo a las variables de diseño que se presentan en el temario de tesis, las cuales en su mayoría han sido modificadas para simular un escenario hipotético y diferente al cual realmente existió, pues la carretera actualmente ya se encuentra construido.

La importancia y servicios de las carreteras que demandan el país y la necesidad de adoptarlas a la creciente exigencia de cada uno de los pueblos al interior, motiva hacer estudios de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras, cuya finalidad es obtener carreteras en buen estado de transitabilidad en cualquier época del año.

CAPÍTULO I

REVISION BIBLIOGRÁFICA

1.1.Generalidades

El presente trabajo de tesis se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto como una contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse.

El aporte consiste en diseñar el pavimento a nivel de afirmado en el sector rural de la provincia del Dorado, donde se aprecia el mal estado de los caminos vecinales, es así que nace la idea de elaborar el proyecto de tesis denominado “ Diseño del Pavimento Afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao , Tramo Km 0+000 – Km 9+800, Provincia de El Dorado, Región San Martín”, el mismo que nos permitirá utilizarlo cuando se elabore el expediente técnico del proyecto y de esta manera colaborar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

1.2.Exploración preliminar orientando la investigación

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica, y por tanto, el departamento de San Martín no está ajeno a esta realidad, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde a la dinámica de desarrollo a fin de no quedarnos marginados, social, cultural y económicamente, y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y las carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercaderías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

En el departamento de San Martín, es necesario un plan de desarrollo de la red vial tanto en las carreteras de carácter nacional, así como las carreteras del sistema departamental y vecinal; para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por la red vial, puedan satisfacer sus necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen distritos, centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existen estas, en su mayor parte son caminos vecinales que se encuentran en malas condiciones y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

Entendiendo así la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, se ha elaborado el presente trabajo de tesis, denominado **“Diseño del Pavimento Afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao, en el Distrito de Agua Blanca, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región San Martín”**.

1.3. Ubicación del proyecto

Departamento/Región	: San Martín
Provincia	: El Dorado
Distrito	: Agua Blanca
Localidad	: Shapanao
Altitud	: 750 m.s.n.m.
Región Geográfica	: Selva

Se encuentra situado a 750 msnm, a 17 km de la ciudad de San José de Sisa, capital de la provincia de El Dorado, a la margen derecha del río Sisa. El distrito se extiende por una superficie de 168,19 Km². De relieve ondulado y escasa vegetación, está comprendido entre las coordenadas geográficas 06° 42' de altitud Sur y 76° 35' de longitud Oeste.

El distrito limita por el este con el distrito de Santa Rosa; por el oeste, con el distrito de Alto Saposoa; por el norte, por el distrito de San José de Sisa; y por el sur, con Saposoa (provincia de Huallaga).

Ubicación De Proyecto Departamento De San Martin



Ubicación Del Proyecto – Provincia De El Dorado



Ubicación Del Proyecto – Distrito De Agua Blanca



Figura 1: Ubicación del Proyecto

1.3.1. Vías de Acceso

El acceso al distrito de Agua Blanca es posible por medio de automóviles o camionetas. De Tarapoto a El Dorado (San José de Sisa), existe una carretera asfaltada, por la cual es posible recorrer los 67 km que los separan en una hora de viaje. Desde El Dorado hasta Agua Blanca, existe una carretera afirmada, por la cual es posible recorrer los 17 km de trayecto en unos 30 minutos.

1.3.2. Clima

En la zona predomina el clima Bosque sami húmedo Tropical (bsh-T) propio de la Selva cálido - húmedo, notándose épocas de frecuentes y fuertes precipitaciones de Diciembre a Abril y de menores precipitaciones de Julio a Noviembre.

Existen dos estaciones; estas dos estaciones son: Una seca, generalmente de mayo a septiembre – octubre, y una lluviosa de diciembre hasta abril; sin embargo, en diciembre inclusive en enero se presentan escasas precipitaciones. En cuanto a los vientos, se establece

que la velocidad básica en la zona del proyecto es de 55 km/h a 10 metros sobre el suelo para un periodo de retorno de 50 años; sin embargo, se deberá tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas).

1.3.3. Topografía

En la zona del proyecto, se puede apreciar una topografía bastante irregular con presencia de ondulaciones y con una máxima pendiente de 25%.

1.3.4. Sismicidad

En base a los registros de sismos históricos ocurridos en la región San Martín y alrededores, se afirma que es de alta sismicidad, esto porque en ésta se presenta o distingue una gran concentración de desarrollo de sismos fuertes con efectos destructivos que en el pasado han cobrado numerosas víctimas y cuantiosos daños materiales.

El distrito de Agua Blanca se encuentra ubicado dentro del ámbito de la zona II de sismicidad (según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030), que corresponde a la zona de sismicidad media.

El centro de investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID), indica que las manifestaciones Sísmicas de esta región están vinculadas directamente a fallas geológicas superficiales o de reciente formación, que forman parte de la placa tectónica que conforma la cordillera de los andes, desde tiempos pasados, la que se encuentra en pleno proceso de levantamiento.

También las características estructurales y tectónicas de toda la Faja Sub-andina las cuales se hallan en pleno proceso de levantamiento. La Faja Sub-andina es una de las más principales zonas sismo génicas del país.

1.3.5. Geodinámica Externa

Los problemas de geodinámica externa en estado activo identificados con claridad en la zona del proyecto y alrededores, está referido al fenómeno de lluvias intensas que originan erosiones y derrumbes, en el tramo de la carretera de interés con los consiguientes procesos

de inundación, socavación y erosión en los bordes de la carretera, los cuales tienen un grado de peligro alto.

1.3.6. Dinámica de Suelos

Bien es cierto que los sismos ocurridos en los años 1,990, 1,991 y 2,005 permitieron, en determinados lugares del Valle del Huallaga Central, específicamente en aquellas zonas donde existen depósitos fluviales (Qh-fl), registrar el desarrollo del fenómeno denominado “licuación de suelos”.

1.4.Estado Situacional

1.4.1. Población Beneficiaria

Con la ejecución y puesta en servicio del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao, se estará atendiendo de manera directa a una población estimada de 2623.00 habitantes, que incluye a pobladores del sector, visitantes y transeúntes, e indirectamente a toda la población del distrito de Agua Blanca estimada en 2552 habitantes.

1.4.2. Condiciones Económicas y Sociales

En todo el ámbito de estudio del proyecto la población de la localidad de Agua Blanca y Shapanao en gran porcentaje se caracteriza por ejercer como actividad principal la agricultura y esta corresponde a una agricultura orientada básicamente al cultivo agrícola y pecuario, y de servicios; por lo tanto no cuenta con recursos económicos suficientes para desarrollar trabajos comunales en bien de la obra, característica de una comunidad con condiciones de vida media/baja. La comunidad en esta zona no se encuentra organizada a través de Comités de Desarrollo Vecinales y desarrollan actividades tendientes.

1.4.3. Servicios Existentes

Los predios conformantes de la zona donde se desarrollará el proyecto cuentan con servicios básicos de agua potable y energía eléctrica; además se observa en el sector la existencia de infraestructura educativa y de salud. Obviamente la vía en toda su longitud se encuentra a nivel de trocha con un estado de conservación malo.

Considerando todo el ámbito de influencia del proyecto, la cobertura del servicio de agua potable es de 70%, el 30% tienen conexión a la red pública fuera de sus viviendas.

Cuentan con el servicio de alcantarillado

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes, planteamiento del problema, delimitación, formulación del problema a resolver.

2.1.1. Antecedentes del problema

Las Carreteras Vecinales de importancia regional necesitan de ser reforzadas. Existen caminos en la región que unen distintos centros poblados que se interconectan a la Carretera Marginal. Estas vías alimentan a las vías regionales y nacionales y deben ser mejoradas. Para orientar la posible inversión futura, se sintetizan estos caminos vecinales por Sub Espacios, Áreas de Tratamiento y provincias.

La función de estas vías es de singular importancia, pues estimulan el progreso de regiones aisladas y deprimidas económicamente, generalmente de buen potencial productivo que, por la carencia o deterioro de los caminos, permanecen inexplorados o con sistemas artesanales de explotación orientados básicamente a cubrir las necesidades de autoconsumo.

La vialidad rural es un elemento de vital importancia para las economías de los Gobiernos Locales toda vez que es un elemento de integración que contribuye al intercambio económico y por lo tanto a la mejora económica de la población, al ordenamiento territorial y en general al desarrollo económico.

Por ello, garantizar una adecuada transitabilidad de la red vial vecinal en las jurisdicciones de los Gobiernos Locales es un objetivo a alcanzar a fin de permitir la mejora de las economías. Ello implica la ejecución de las inversiones estrictamente necesarias, que solucionen verdaderos problemas de las vías, con las tecnologías y costos adecuados.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y carreteras condicionan la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercancías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

2.1.2. Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta el diagnóstico situacional del servicio, ha permitido identificar el problema principal es el bajo nivel de transitabilidad ya que las zonas productivas del sector **Agua Blanca – Shapanao** se encuentran conectadas de un camino vecinal que se está deteriorando por la falta de un mantenimiento adecuado, reduciéndose el ancho de calzada, erosión de plataforma y a la vez dificulta el traslado por el acceso a la vía por el mal estado de la misma.

El proyecto a ejecutar busca realizar el Diseño de Pavimento Afirmado de la Carretera que une la Localidad de Agua Blanca - Shapanao, del distrito de Agua Blanca, la provincia de EL Dorado, Región de San Martín; que consiste en el diseño de las secciones rectas y tangentes de la vía, estén unidas por curvas, para el diseño geométrico de curvas horizontales debemos reducir las curvas horizontales al mínimo, se tratará de utilizar curvas abiertas usando las más pronunciadas para las condiciones, más críticas. En lo que concierne al diseño geométrico de curvas verticales se usan para proporcionar un cambio gradual entre las tangentes de la pendiente, de modo que los vehículos puedan transitar sin tropiezo a medida que recorren el tramo.

2.1.3. Delimitación del problema

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende la Localidad de AGUA BLANCA – SHAPANAO (Km 00+000 al 09+800), del distrito de Agua Blanca, la provincia de El Dorado, Región de San Martín.

Delimitación Espacial:

El presente estudio se verá si algunos métodos usados en otros lugares son aplicables en el Distrito de Agua Blanca. Esperando que cumplan con las características para una buena calidad y durabilidad de la vía.

Delimitación Temporal:

El presente proyecto se realizará durante el tiempo que implica la planificación, los trabajos en el campo y la posterior obtención de resultados en dicho sector los trabajos en Gabinete.

2.1.4. Formulación del problema

Por lo mencionado anteriormente formulamos la siguiente interrogante:

¿En qué Medida el Diseño de Pavimento Afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao (00+000 km al 09+800 km) , del distrito de Agua Blanca , la provincia de EL Dorado, Región de San Martín se mejorar la transitabilidad y la economía de las localidades adyacentes?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Realizar el Diseño De Pavimento Afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao, Distrito de Agua Blanca , Provincia de El Dorado , Región de San Martín. , que permitirá contar con el transporte rápido y seguro de los productos de la zona y la disminuir el costo actual de transporte.

2.2.2. Objetivos Específicos

Ejecutar los estudios de Topografía, Mecánica de Suelos, para el diseño del pavimento del tramo propuesto.

Elaborar el estudio de tráfico en el área del proyecto.

Diseño del Pavimento a nivel de afirmado utilizando el método USACE.

2.2.3. Justificación del proyecto

Actualmente los pobladores de la zona del proyecto requieren de una carretera que les permita una transitabilidad fluida de sus productos y pobladores, que permitan la intercomunicación entre otros caseríos como también el acceder a mercados locales cercanos como Sisa en donde puedan vender su producción agrícola y pecuaria. Por lo tanto es de vital importancia este proyecto porque ayudará a dinamizar la actividad productiva del sector, llevando los productos a los grandes mercados de manera eficiente y oportuna.

2.3. Delimitación de la Investigación

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende la Localidad de Agua Blanca – Shapanao (Km 00+000 al 08+000 Km), del distrito de Agua Blanca, la provincia de El Dorado, Región de San Martín.

2.4. Marco Teórico y Conceptual

2.4.1. Antecedentes de la investigación

Cárdenas Grisales, James, publica su libro denominado: “Diseño Geométrico de Carreteras”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da recomendaciones sobre el reconocimiento preliminar de la zona en estudio y detalla los cálculos de para el diseño geométrico de los elementos que conforman una carretera.

Morales Sosa, Hugo Andrea, publica su libro denominado: “*Ingeniería Vial I*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da detalles del trazado y la topografía en carretas.

Céspedes Abanto, José, publica su libro denominado: “*Carreteras, Diseño Moderno*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da detalles de los estudios definitivos en carretas.

Ibáñez Walter, publica su libro denominado: “*Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues detalla en cuanto a especificadores técnicas, rendimientos, para presupuestos de obras viales.

Morales U, Walter, publica su libro denominado: “*Infraestructura de riego*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues especifica los criterios de diseño de obras de arte tales como cunetas y obras de cruce (Alcantarillas).

Cantera Jave, Álvaro Fernando; Chávarry Ruiz, Luis Raúl; Cubas Pérez, Rolando Miguel, en su tesis: *Estudio del Mejoramiento de la Carretera Jesús - Lacas, Tramo: Jesús – Hualqui (Cajamarca)*, nos da una idea acerca de la importancia del drenaje y de los criterios de pavimento en el diseño de carreteras.

2.4.2. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación

2.4.2.1. Definición de Pavimento

Un pavimento es un “elemento estructural multicapa, apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio”.

Según Rico y Del Castillo, un pavimento puede definirse como el conjunto de capas, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, un pavimento es la superestructura vial que hace posible el tránsito vehicular con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto. Los materiales empleados en la construcción de un pavimento ofrecen una gran variedad de posibilidades; por ello, esta estructura puede estar conformada por varias capas. Dichas capas pueden ser de materiales seleccionados sometidos a diversos tratamientos; y su superficie de rodadura puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. Las tecnologías actuales ofrecen una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes y depende en gran parte de las condiciones y los requerimientos del proyecto para poder elegir la alternativa correcta de diseño.

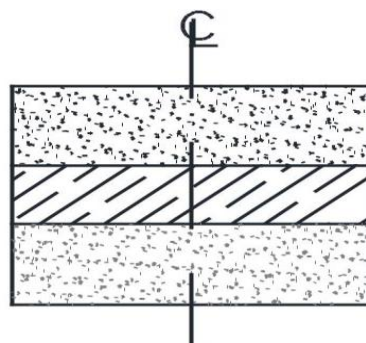


Figura 2. . Conformación típica del pavimento como Elemento estructural. (Fuente: Vivar 1995).

2.4.2.2. Clasificación de los Pavimentos

Según Vivar, los pavimentos pueden clasificarse, de manera genérica, de acuerdo a los siguientes parámetros:

El periodo de vida para el que son diseñados y construidos: temporales y definitivos.

La forma en que distribuyen las cargas al terreno: Rígidos, flexibles y semirrígidos. Estos dos primeros serán tema de estudio en el desarrollo de la presente tesis.

Pese a que las denominaciones de rígido y flexible parecieran guardar relación con las calidades de los aglomerantes de cemento Portland y asfalto utilizados en la fabricación de ambos pavimentos respectivamente, es posible encontrar pavimentos asfálticos de gran espesor, el cual les confiere una rigidez mucho mayor a la normal.

Por ello, “los pavimentos se denominan flexibles o rígidos por la forma en que transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores que dependen de la relación de rigideces relativas de las capas. Un pavimento flexible transmite esfuerzos concentrados en una pequeña área, mientras que un pavimento rígido distribuye los esfuerzos en una mayor área”. En la imagen 3 se ilustra el principio de distribución de presiones en los pavimentos flexibles y rígidos. Se conoce que en términos de módulo de elasticidad la relación entre un pavimento flexible y el suelo de subrasante que lo soporta es del orden de 4 a 1, mientras que esa misma relación sube a aproximadamente 265 a 1 en el caso de los pavimentos rígidos

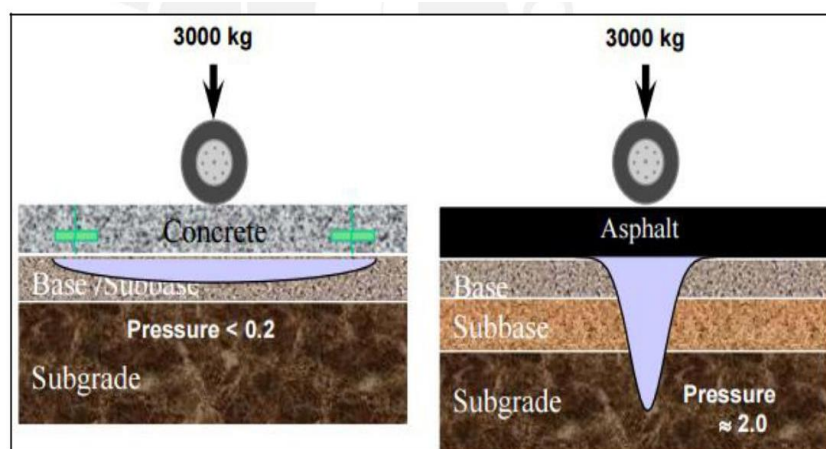


Figura 3. Principio de distribución de presiones en pavimentos
(Fuente: Cement Association of Canada (2016))

El pavimento flexible, por tener un módulo de elasticidad semejante al del suelo, concentra las cargas bajo el punto de aplicación (área pequeña de distribución de carga) debido a la baja resistencia al corte de la subrasante; ello induce a presiones grandes en la fundación del pavimento. El pavimento rígido por su elevado módulo de elasticidad respecto del suelo, distribuye las cargas sobre una gran superficie provocando, en consecuencia, bajas presiones sobre la fundación del pavimento.

2.4.2.2.1. Pavimento Flexible

Los pavimentos flexibles son sistemas de capas conformados por materiales caros de alta calidad en la parte superior donde los esfuerzos son altos y materiales baratos y de baja calidad en la parte inferior debido a la degradación de los esfuerzos con la profundidad de las capas.

Según Huang, la sección de un pavimento flexible está conformada, comenzando desde la parte superior, de la siguiente manera: Seal coat (capa de sellado), surface course (capa de rodadura), tack coat (riego de liga), binder course (capa aglutinante), prime coat (capa de imprimación), base course (base), subbase course (subbase), compacted subgrade (subrasante) y natural subgrade (suelo de fundación). En la imagen que se muestra a continuación se puede apreciar la sección descrita.

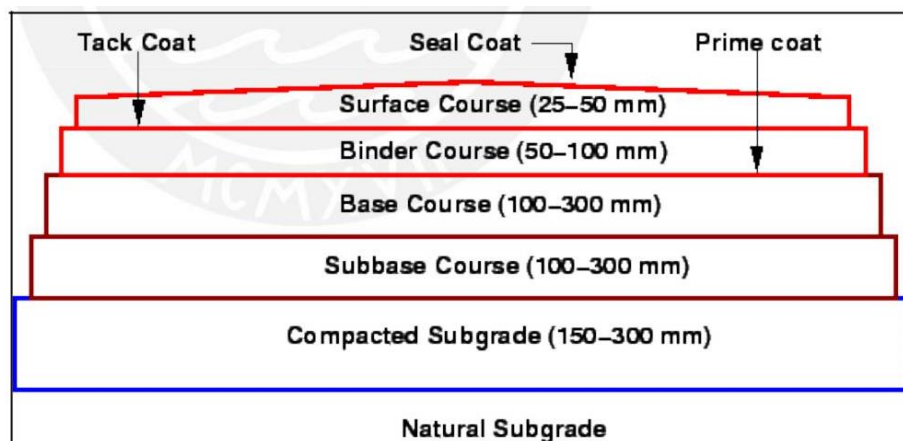


Figura 4. Sección de un pavimento flexible convencional
(Fuente: Huang (2004))

Surface course; la capa de rodadura es la capa en contacto directo con las cargas de tráfico y, en general contiene materiales de calidad superior. Se construye con hormigón asfáltico (HMA) y, las funciones y requisitos que debe cumplir esta capa son: Ser resistente a la

distorsión bajo cargas de tráfico, proveer una superficie lisa y resistente al deslizamiento y, ser a prueba del agua para proteger la base y subbase del efecto de debilitamiento del mismo Tack coat; el riego de liga es por lo general emulsión de asfalto diluido en agua que proporciona una unión adecuada entre las dos capas asfálticas. Los riegos de liga también son usados para unir un pavimento asfáltico a un pavimento de concreto (PCC) o a un pavimento asfáltico antiguo. Los tres principales requerimientos con los que debe contar un riego de liga son: Debe ser una capa muy delgada, debe cubrir uniformemente toda la superficie a pavimentar y debe poder “romper” antes que el hormigón asfáltico (HMA) sea puesto.

Prime coat; la capa de imprimación es una delgada capa de asfalto tipo cut-back de baja viscosidad que se aplica a una superficie absorbente como la base granular sobre la que se coloca la capa aglutinante. Su función es unir la base a la capa asfáltica y lo que lo diferencia del riego de liga es que este último no requiere de la penetración del asfalto en la capa inferior mientras que la capa de imprimación sí lo hace; además de conectar los espacios vacíos y formar una superficie impermeable.

Base course and subbase course; la base es la capa que se encuentra inmediatamente después de la capa aglutinante. Es el principal elemento estructural en los pavimentos flexibles y puede estar compuesto de agregados aglomerados con asfalto (como en el caso de las bases negras y estabilizadas), de agregados aglomerados con cemento Portland (como en el caso de las bases estabilizadas con cemento, o las bases de concreto compactado con rodillo); o de suelos sin aglomerar como en el caso de las bases de grava.

La subbase es la capa que se encuentra debajo de la base. Cumple la función de capa drenante, anticontaminante y resistente. Como capa drenante, facilita la evacuación lateral de las aguas provenientes del nivel freático, de aniegos o de infiltración; como anticontaminante, impide el arrastre de los finos de la subrasante hacia la base; así como impide que las gravas y las piedras de la base se introduzcan en una subrasante blanda; y como capa resistentes debido a su espesor y su capacidad de distribuir las cargas de tránsito sobre la subrasante.

La razón por la cual se usan dos capas de material granular diferente es por razones económicas. En vez de usar materiales más costosos en la composición de la capa granular

completa, se prefiere usar materiales de menor calidad en la composición de la subbase y materiales de mayor calidad en la base.

Subgrade; la subrasante es la porción superior del suelo de fundación, que ha sido nivelada, perfilada y compactada y que servirá de apoyo a las diferentes capas del pavimento.

2.4.2.2.2. Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos se encuentran constituidos por una losa de concreto apoyada directamente sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado. Como solo existe una capa entre la losa de concreto y la subrasante, esta puede ser llamada base. La necesidad de utilizar la base surge solo si la subrasante no tiene las condiciones necesarias como para resistir las cargas de tráfico; es decir, que no actúe como un soporte adecuado.

Según Montejó, la capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Según Huang, la sección de un pavimento rígido se encuentra conformado por 2 capas como se observa a continuación en la siguiente imagen:

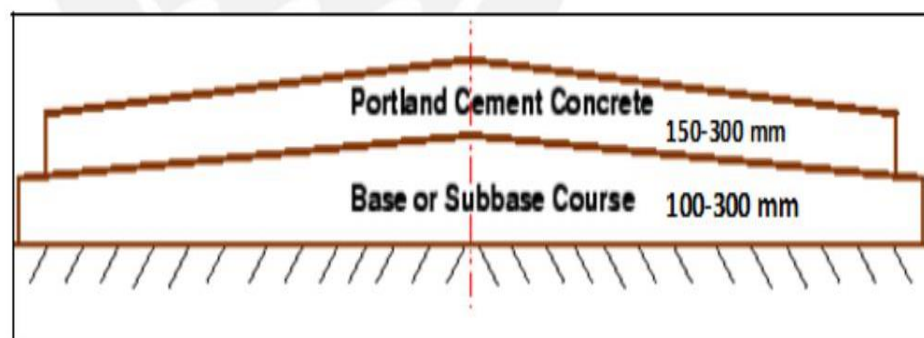


Figura 5. Sección de un pavimento rígido convencional
(Fuente: Huang (2004))

Portland Cement Concrete; la losa de concreto es la capa en contacto con las cargas de tráfico. Las funciones de la losa en los pavimentos rígidos son las mismas de la carpeta asfáltica en los flexibles, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

Base or subbase course; los primeros pavimentos rígidos eran construidos directamente sobre la subrasante sin hacer uso de una base. Como el peso y el volumen de tráfico aumentó, el fenómeno de bombeo empezó a ocurrir y el uso de una base granular se volvió popular. A pesar de que el uso de una base granular pueda reducir los esfuerzos sobre el concreto, es poco económico construir una con ese fin pues el mismo esfuerzo en el concreto puede obtenerse sin hacer uso de dicha carpeta y solamente aumentando el espesor de la capa de concreto. Las principales funciones que desarrolla una base granular son las siguientes. Control del bombeo; se entiende por bombeo a la fluencia del material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración del agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.

Existen tres factores que deben ocurrir simultáneamente para que exista bombeo: El material debajo de la losa de concreto debe estar saturado (por ello, un buen drenaje es una de las formas más eficientes para prevenir el bombeo), debe existir una carga de tránsito pesada y frecuente (incluso bajo cargas muy pesadas, el bombeo únicamente ocurre por la repetición continua de dichas cargas); y por último, el material debajo de la losa de concreto debe ser erosionable.

Mejoramiento del drenaje; la base, al ser un material granular posee un mayor número de vacíos lo cual facilita el drenaje del agua fuera de dicha capa.

Control de cambios volumétricos; la base controla el cambio de volumen de la subrasante al tener la capacidad de drenar el agua y evitar que esta ingrese a dicha capa y de esta manera disminuye la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.

Facilidad de construcción, la base puede ser usada como plataforma de trabajo ya que puede mantener la superficie limpia y seca lo cual facilita los trabajos de construcción.

Como se puede observar, siempre existirá la necesidad de construir una carpeta granular que acompañe a la losa de concreto debido a las facilidades expuestas anteriormente.

Los pavimentos rígidos, según Huang pueden ser clasificados en cuatro tipos: Pavimento articulado de concreto simple (JPCP), pavimento articulado de concreto reforzado (JRCP), pavimento continuo de concreto reforzado (CRCP) y pavimento de concreto preesforzado (PCP).

Pavimento articulado de concreto simple (JPCP); este es el tipo más común de pavimento rígido. El pavimento articulado de concreto simple controla las grietas dividiendo el pavimento en losas individuales separadas por juntas de contracción separadas entre 4.5 y 9.0 m. JPCP no utiliza ningún tipo de refuerzo de acero pero utiliza pasadores o dovelas (dowels) en las juntas transversales y barras de unión (tie bars) en las juntas longitudinales. Existe la posibilidad de prescindir del uso de los dowels; en este caso, la transferencia de carga se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

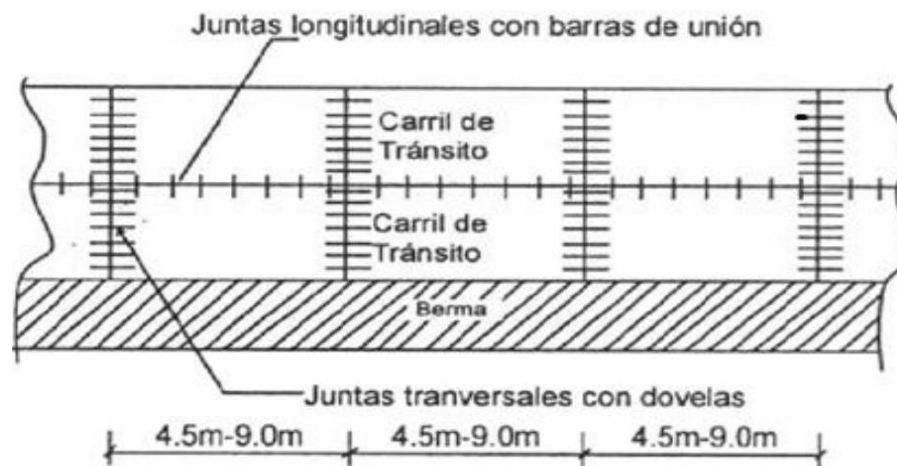


Figura 6. Composición de un pavimento articulado de concreto simple

(Fuente: Menéndez (2012))

Pavimento articulado de concreto reforzado (JRCP); el acero de refuerzo no aumenta la capacidad portante de la estructura; sin embargo, sí permite espaciar las juntas un poco más (alrededor de 9.0 a 30.0m). El refuerzo de acero está diseñado para sostener firmemente juntas las grietas transversales que se desarrollan en la losa. Debido al gran espaciamiento entre paneles, pasadores y barras de unión también se utilizan en todas las juntas transversales y longitudinales, respectivamente. La cantidad de acero de refuerzo necesario incrementa con el aumento del espaciamiento de las juntas; sin embargo, el número de juntas y dowels a usarse decrece cuando esto sucede. De acuerdo a Huang, se recomienda un espaciamiento máximo de juntas de 12.2 m lo cual garantiza el diseño más económico para el pavimento en términos de uso del acero de refuerzo, de las juntas y de los dowels.

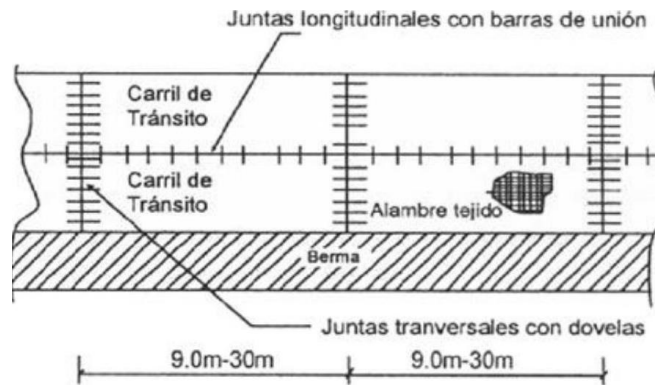


Figura 7. Composición de un pavimento articulado de concreto reforzado (Fuente: Menéndez (2012))

Pavimento continuo de concreto reforzado (CRCP); este tipo de pavimento no requiere juntas de contracción y permite la formación de grietas transversales que se mantienen juntas con el acero de refuerzo continuo. Las grietas se forman típicamente a intervalos de 1.1 hasta 2.4 m. Antiguamente el diseño CRCP consistía de una losa de concreto de aproximadamente 80% del espesor de un diseño JPCP; sin embargo la tendencia actual es hacer el diseño CRCP del mismo espesor que JPCP. El acero de refuerzo solo es útil para controlar el espaciamiento y ancho de las grietas que se forman mas no como contribución estructural al pavimento.

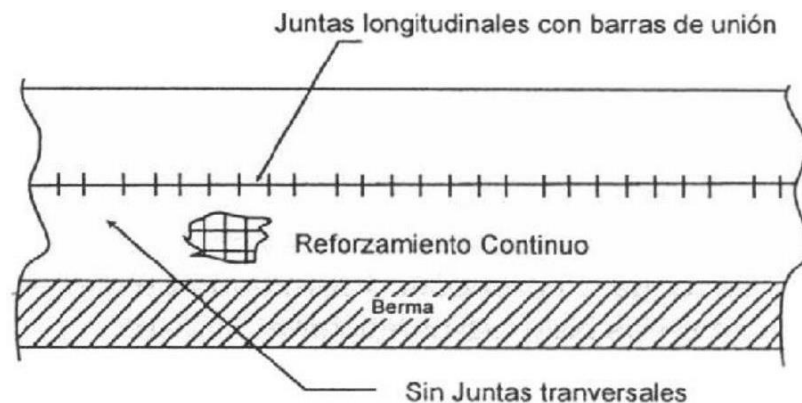


Figura 8. Composición de un pavimento continuo de concreto reforzado (Fuente: Menéndez (2012))

Pavimento de concreto preesforzado (PCP); como es sabido, el concreto es débil a los esfuerzos de tracción pero fuerte a los esfuerzos de compresión. La preaplicación de un esfuerzo de compresión al concreto reduce los esfuerzos de tracción causados por las cargas de tráfico y por ende se reduce el espesor de la losa de concreto. Los pavimentos de concreto preesforzado tienen menos posibilidades de fisurarse y tienen un menor número de juntas

transversales por lo que resulta en un menor costo de mantenimiento y mayor vida útil de la estructura.

En el desarrollo de la presente tesis se considerará el uso de una subrasante, subbase granular, base granular y carpeta asfáltica para el caso del pavimento flexible; y el uso de una subrasante, base granular y losa de concreto para el caso del pavimento rígido tal y como se observa en las imágenes a continuación:

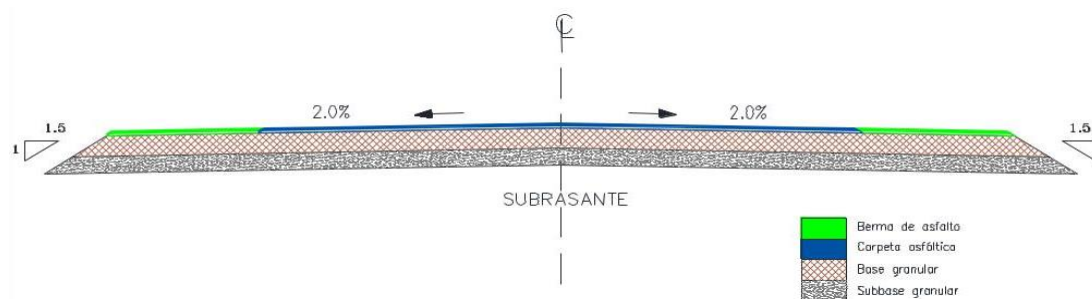


Figura 9. Sección típica pavimento flexible (Fuente: Elaboración propia)

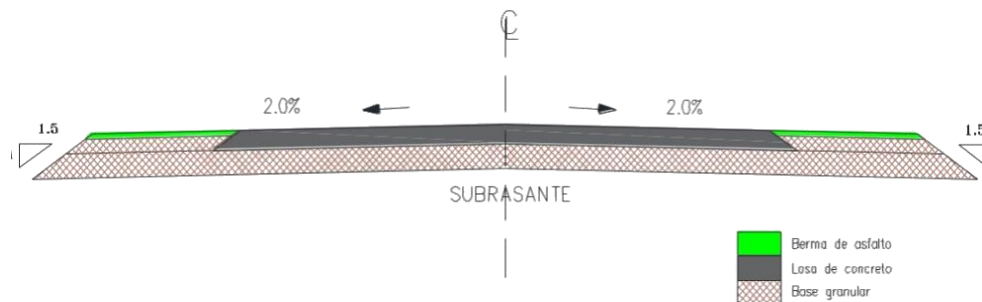


Figura 10. Sección típica pavimento rígido (Fuente: Elaboración propia)

2.4.2.3. Datos Necesarios para el Diseño

2.4.2.3.1. Estudio de tráfico

En el diseño de los pavimentos, el dato más importante a determinar es el flujo vehicular; es decir, los tipos de vehículos que transitarán en la zona y la frecuencia con que lo harán. El objetivo del estudio de tráfico es el de expresar este flujo vehicular en términos de un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple que representa la sumatoria del total de repeticiones por día de todos los grupos de

carga durante el periodo de diseño del pavimento, para el caso de la metodología de la AASHTO.

En el capítulo 3 se explicará de manera detallada el cálculo del ESAL correspondiente al estudio de tráfico; tanto para el pavimento flexible como para el pavimento rígido. Cabe resaltar que para el caso de la metodología de diseño de la PCA el parámetro del tráfico a ser usado no es el ESAL sino, el número de repeticiones esperadas por cada tipo de eje en todo el periodo de diseño del pavimento.

2.4.2.3.2. Estudio de mecánica de suelos y canteras

Los estudios de mecánica de suelos sirven para determinar uno de los parámetros de diseño más importantes; la capacidad de soporte de la subrasante (módulo de resiliencia y módulo de reacción de la subrasante, para pavimentos flexibles y rígidos respectivamente), mientras que los estudios de canteras sirven para caracterizar el material granular que será usado como subbase y base del pavimento.

2.4.2.3.3. Sub Rasante

Como dato de tema de tesis se tiene el siguiente cuadro resumen de la caracterización de la subrasante:

Tabla 1

Caracterización de la subrasante

Clasificación	Clasificación	Proctor Estándar		CBR
n				(95%
SUCS	AASHTO	OCH*	MDS**	MDS)
CL	A-7-5 (4)	14.6%	1.90 gr/cm ³	6%
*Óptimo contenido de humedad				
**Máxima densidad seca				

Fuente: Tema de tesis

Como se puede observar, la subrasante está conformada por arcillas de mediana plasticidad. De acuerdo al MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), se considera material apto para la capa de subrasante suelos con CBR mayor o igual a 6%. En este caso, el suelo de la subrasante tiene un CBR de 6%, por lo que no se considerará ningún tipo de reemplazo o mejoramiento del suelo de la subrasante.

Como se mencionó anteriormente, el estudio de mecánica de suelos sobre la subrasante era de importancia pues servía para obtener la capacidad de soporte de la misma (módulo de resiliencia y módulo de reacción, para pavimentos flexibles y rígidos respectivamente) haciendo una correlación con el ensayo de CBR.

De manera que, considerando un CBR de 6% se tiene un Mr de 8,043 psi. Este valor será usado para el diseño de los pavimentos flexibles tanto por la metodología AASHTO como por la metodología del Instituto del Asfalto.

Para el caso de los pavimentos rígidos la metodología de la AASHTO y la metodología de la PCA presentan algunas diferencias entre sí en el cálculo del módulo de reacción de la subrasante por lo que este punto se desarrollará a detalle en el capítulo de diseño por dichas metodologías.

2.4.2.3.4. Subbase granular

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el material de la subbase debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 2

Requisitos granulométricos de la subbase granular

Tamiz	% Pasante en peso			
	Gradación	Gradación	Gradación	Gradación
	n A*	n B	n C	n D
2"	100	100	-	-
1"	-	75-95	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100
#4	25-55	30-60	35-65	50-85
#10	15-40	20-45	25-50	40-70
#40	8-20	15-30	15-30	25-45
#200	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

En zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 3
Requisitos de calidad de la subbase granular

Ens ayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	≥3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	50 % máx.	50 % máx.
CBR (100% MDS)	MTC E 132	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	25 % máx.	25 % máx.
Índice de	MTC E 111	6 % máx.	4 % máx.
Plasticidad	MTC E 114	25% mín.	35% mín.
Equivalente de			
Arena	MTC E 219	1% máx.	1% máx.
Sales Solubles			
Partículas	-	20 % máx.	20 % máx.
Chatas			
y Alargadas	-	20 % máx.	20 % máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Sin embargo, como dato de tema de tesis se tiene el siguiente cuadro resumen de la caracterización del material de subbase, asumiendo que la cantera a usarse en este proyecto cuenta con material de las siguientes características:

Tabla 4
Caracterización de la subbase

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Proctor Modificado		CBR (100% MDS)
		OCH*	MDS** gr/cm3	
SC	A-2-6	8.1%	1.95	29%

*Óptimo contenido de humedad

**Máxima densidad seca

Fuente: Tema de tesis

Como se puede observar el material de la subbase a emplear, para el diseño del pavimento, será una arena arcillosa con un CBR de 29%, a pesar de las recomendaciones del MTC de considerar un CBR mínimo de 40%.

2.5.2.3.5. Base Granular

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el material de la base debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

Además, los valores mínimos del CBR del material de la base dependerán del tipo de tráfico presente en la zona:

Tabla 5

Valores mínimos de CBR para base granular

Tipo de tráfico	ESAL	CBR (100% MDS)
Ligero y Medio	$\leq 5 \times 10^6$ ESAL	Mín. 80%
Pesado	$> 5 \times 10^6$ ESAL	Mín. 100%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Por otro lado, también existen requerimientos tanto para el agregado grueso (materiales retenidos en la malla N°4), como para el agregado fino (materiales pasantes de la malla N°4).

Tabla 6

Requerimientos para agregado grueso de base granular

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	≥3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	80 % mín.	80 % mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	40 % mín.	50 % mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40 % máx.	40 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	15 % máx.	15 % máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5 % máx.	0.5 % máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-	18 % máx.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

Sin embargo, como dato de tema de tesis se tiene el siguiente cuadro resumen de la caracterización del material de base, asumiendo que la cantera a usarse en este proyecto cuenta con material chancado de las siguientes características:

Tabla 7

Caracterización de la base

Tipo de material	Proctor Modificado		CBR (100 %)
	OCH*	MDS**	MDS)
Piedra chancada tipo B	6.3%	2.16 gr/cm ³	112%
*Óptimo contenido de humedad			
**Máxima densidad seca			

Fuente: Tema de tesis

Como se puede observar el material de la base a emplear, para el diseño del pavimento, será una piedra chancada tipo B con un CBR de 112%, lo cual cumple con las recomendaciones del MTC de considerar un CBR mínimo de 80% para tráfico ligero o mediano, o de 100% para tráfico pesado.

2.4.2.3.5. Estudio pluviométrico y meteorológico

De acuerdo a los estudios realizados por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), el clima de la Provincia de El DORADO es clasificado como tropical; es decir, existen precipitaciones abundantes o regulares durante todo el año (superiores a 1500 o 2000 mm). En el diseño de pavimentos por la metodología AASHTO existe una variable a definir conocida como coeficiente de drenaje el cual depende del porcentaje de tiempo que el pavimento se encuentra expuesto a niveles cercanos a la saturación. Este porcentaje varía en valores de menores a 1%, entre 1% y 5%, entre 5% y 25% y valores mayores a 25%. Por lo mencionado anteriormente, se concluye que el porcentaje de tiempo de exposición que el pavimento se encontrará expuesto a niveles cercanos a la saturación será de mayor a 25% debido a las abundantes o regulares precipitaciones durante todo el año en la zona. Este punto será desarrollado de manera más específica en el capítulo de diseño.

Así mismo, Agua Blanca se reporta una temperatura media anual de 26.5° C donde el mes más frío reporta una temperatura mínima de 26° C y el mes más caluroso, una temperatura máxima de 27°C²⁸. En el diseño de pavimentos por la metodología del Instituto del Asfalto (IA), se hace uso de unas cartas de diseño que dependen justamente de la temperatura media anual de la zona para hacer la elección de los espesores del pavimento. Este punto será desarrollado de manera más específica en el capítulo de diseño.

2.4.2.3.6. Estudio de Tráfico

El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño del pavimento. Su correcta determinación depende de muchas variables que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo. El método utilizado para el cálculo del tráfico en la presente tesis corresponde a la transformación de los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente (EALF), para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño del pavimento (ESAL). El valor del ESAL será usado para el diseño por la metodología AASHTO y la del Instituto del Asfalto. Se presentan a continuación los resultados correspondientes al estudio de tráfico.

2.4.2.3.6.1. Índice Diario Anual

El índice medio diario anual (IMDA) es el valor numérico estimado de tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías. Se obtiene haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde:

IMDS representa el índice medio diario semanal o promedio de tráfico diario semanal

FC representa el factor de corrección estacional

Se tuvo, como dato de tema de tesis, el IMDA por tipo de vehículo, clasificado de acuerdo al Reglamento Nacional de Tránsito del MTC, como se observa a continuación:

2.4.2.3.7. Tasa de Crecimiento Anual

La tasa de crecimiento es un factor que se estima en base a las proyecciones de crecimiento poblacional y económico en el área de influencia del tramo de la carretera, lo cual se reflejará en el incremento del tráfico y también en la modificación de los tipos de vehículos que circularán por el tramo. La tasa de crecimiento anual se determina de acuerdo al tipo de vehículo y haciendo uso de las siguientes fórmulas:

Vehículos de carga:	r_{VC}	$= r_{PBI} \times E_{VC}$
Ómnibus:	r_O	$= r_{PBI} \times E_O$
Vehículos ligeros:	r_{VL}	$= r_{pob} \times r_{percápita} \times E_{VL}$

De acuerdo al Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos del MTC, la tasa de crecimiento anual normalmente se encuentra entre 2% y 6%. Para el desarrollo del presente trabajo, se tuvo como dato de tema de tesis una tasa de crecimiento anual, para todo tipo de vehículo, de 4.18 %.

2.4.2.3.8. Factor de Carga Equivalente por Eje

El factor de carga equivalente por eje, EALF, representa el daño relativo producido en el pavimento por el paso de un determinado eje, en comparación al daño que produce un eje estándar de 18 kip (80 KN). Este procedimiento se realiza con la finalidad de homologar el efecto que tendrían los diferentes tipos de vehículos que transitan sobre un pavimento.

A continuación se presenta las ecuaciones de regresión usadas para el cálculo del EALF según el AASHTO para pavimentos flexibles:

2.4.2.3.9. Factor de Carga Equivalente por Eje

El factor de carga equivalente por eje, EALF, representa el daño relativo producido en el pavimento por el paso de un determinado eje, en comparación al daño que produce un eje estándar de 18 kip (80 KN). Este procedimiento se realiza con la finalidad de homologar el efecto que tendrían los diferentes tipos de vehículos que transitan sobre un pavimento. A continuación, se presenta las ecuaciones de regresión usadas para el cálculo del EALF según el AASHTO para pavimentos flexibles:

Donde todas las variables usadas tienen el mismo significado que en el caso de pavimentos flexibles a excepción de la variable D que no se encuentra definida y que representa el espesor de la losa de concreto.

Tomando en cuenta que el periodo de diseño tanto para el pavimento flexible como para el rígido es de 15 años y considerando que la carretera de acceso al Nuevo Puerto de Yurimaguas es parte de la carretera IIRSA Norte y que esta última pertenece a la red vial internacional, se escogerá un nivel de serviciabilidad final (p_t) de 3, es decir de regular a buena. Así mismo, según Huang, por recomendación de la AASHTO, se usará un número estructural (SN) de 5 y un predimensionamiento en el espesor de losa de concreto correspondiente a 9 pulgadas para el caso de pavimentos rígidos.

Debido a que el uso de las fórmulas presentadas anteriormente no es de fácil manejo, para el cálculo del EALF se usarán las tablas proporcionadas por la guía de la AASHTO derivadas de dichas fórmulas.

Tabla 8

Factores de carga equivalente (EALF) en pavimentos flexibles con índice de serviciabilidad (p_t) de 3 y número estructural (SN) de 5

Eje	Peso máximo (ton)	Peso máximo (kips)	EALF*
Simple	7	15.4	0.573
Simple	11	24.3	2.710
Tándem	16	35.3	1.289

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993)

Tabla 9

Factores de carga equivalente (EALF) en pavimentos rígidos con índice de serviciabilidad (p_t) de 3 y espesor de losa de 9 pulgadas

Eje	Peso máximo (ton)	Peso máximo (kips)	EALF*
Simple	7	15.4	0.529
Simple	11	24.3	3.406
Tándem	16	35.3	2.192
Tándem	18	39.7	3.456
Trídem	23	50.7	2.978
Trídem	25	55.1	4.067

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993)

2.4.2.4. Diseño de pavimento

A través del desarrollo de la ingeniería de pavimentos se han ido presentando diferentes métodos de diseño, algunos de los cuales se basan en información simple y emplean reglas prácticas para determinar el espesor resultante del pavimento, mientras que otros requieren de ensayos más sofisticados y de programas de cálculo avanzados. En el desarrollo de la presente tesis, se diseñarán los pavimentos flexibles empleando dos metodologías diferentes: Método AASHTO 1993 y Método del Instituto del Asfalto.

2.4.2.4.1. Variables de diseño

Tránsito de diseño; el número de ejes equivalentes (ESAL) se halló anteriormente en el capítulo 3 y corresponde al valor de 12.00×10^6 de ejes equivalentes para el caso del pavimento flexible.

Confiabilidad; el nivel de confiabilidad (R) es seleccionado en función de la clasificación funcional de la carretera y dependiendo si esta se encuentra en una zona urbana o rural. La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento tendrá una duración para el periodo de diseño sin presentar fallas estructurales. Un mayor valor de la confiabilidad asegurará un mejor comportamiento, pero se requerirá mayores espesores de capa. De acuerdo a la tabla 2.2 de la página II-9 de la guía de la AASHTO, que se muestra a continuación, y considerando que la carretera en mención corresponde a una interestatal rural, el nivel recomendado de confiabilidad oscila entre 80 y 99.9.

Tabla 10

Valores sugeridos de confiabilidad

Functional classification	Recommended level of reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	8	8
	5 – 99.9	0 – 99.9
Principal Arterials	8	7
	0 – 99	5 – 95
Collectors	8	7
	0 – 95	5 – 95
Local	5	5
	0 – 80	0 – 80

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993)

Se opta por elegir un nivel promedio de 90% para este proyecto. Se debe tomar en cuenta que una vez determinado el nivel de confiabilidad que se requiere alcanzar en el diseño, este valor debe ser transformado en términos de la desviación estándar normal (ZR). De acuerdo a la tabla 4.1 de la página I-62 de la guía de la AASHTO, que se muestra a continuación, y para un nivel de confiabilidad de 90%, la desviación estándar normal es de -1.282.

Desviación estándar combinada; la desviación estándar combinada (S_o), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. De acuerdo con la guía de la

AASHTO, se recomienda usar un valor de 0.44 para pavimentos flexibles en el caso que se cuente con el conteo vehicular y de 0.49 en el caso contrario. Haremos uso del valor de 0.44, al contar con un estudio de tráfico previo.

Módulo de resiliencia de la subrasante; el módulo de elasticidad de los materiales no consolidados del pavimento comúnmente se caracteriza en términos del módulo de resiliencia. El módulo resiliente es el módulo elástico de los materiales a ser empleados en la construcción del pavimento. Se conoce que los materiales empleados en la construcción de pavimentos no son elásticos porque presentan una deformación plástica acumulada; sin embargo después de varios ciclos de repeticiones de cargas, el suelo llega a un estado tal en que toda la deformación es recuperable y es en este momento donde se tiene un comportamiento resiliente.

Este valor fue hallado en el capítulo 2, el cual se determinó a partir del CBR de la subrasante de 6% a una compactación del 95% de la **Coefficientes estructurales de capa;** el coeficiente estructural de capa es una medida de la capacidad relativa de una unidad de espesor de un determinado material para funcionar como un componente estructural del pavimento. En el caso de los pavimentos flexibles se usarán tres coeficientes de capa estructural (a_1 , a_2 y a_3) los cuales representarán a la carpeta asfáltica, a la base y a la subbase respectivamente. Estos coeficientes pueden ser determinados a partir de correlaciones con las propiedades del material.

Además, como datos de tesis tenemos que el CBR de la base es del 112% a una compactación del 100% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado y el CBR de la subbase es del 29% a una compactación del 100% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado; tal y como se explicó previamente en el capítulo 2.

De acuerdo a ello y haciendo uso de las figuras 2.6, de la página II-19; y 2.7, de la página II-21 de la guía, que se muestran a continuación, se obtienen los coeficientes estructurales a_2 y a_3 respectivamente los cuales tienen un valor de 0.14 y 0.11. Se debe resaltar que para hallar el coeficiente estructural a_2 se ha utilizado el valor de 100% CBR y para hallar el valor de a_3 se ha realizado una interpolación en la gráfica respectiva.

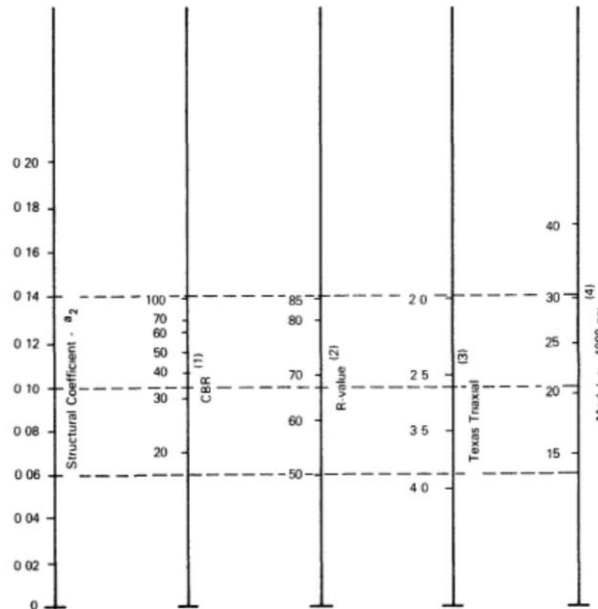


Figura 11. Coeficiente estructural a_2 en función de diferentes parámetros de fuerza de la base (Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993))

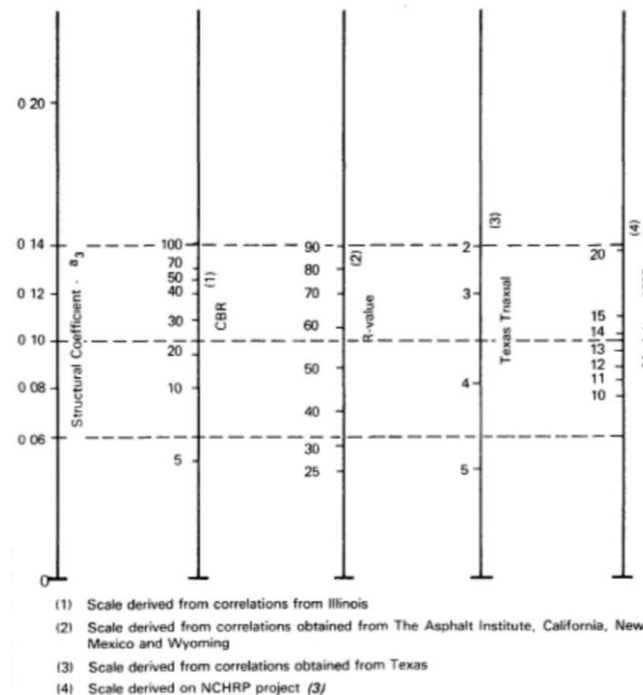


Figura 12.. Coeficiente estructural a_3 en función de diferentes parámetros de fuerza de la subbase (Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993))

Pérdida de serviciabilidad; la serviciabilidad representa el confort o comodidad de circulación que la vía ofrece al usuario; su valor se encuentra comprendido entre 0 y 5, donde 5 representa la condición máxima ideal. La pérdida de serviciabilidad se encuentra definida como la diferencia entre la serviciabilidad inicial (p_o) y la serviciabilidad final (p_f). De acuerdo a la guía de la AASHTO, se recomienda el uso de una serviciabilidad inicial de 4.2 para pavimentos flexibles. La serviciabilidad final es de 3 y se definió anteriormente en el capítulo 3. De esta manera la pérdida de serviciabilidad tiene el valor de 1.2.

Coefficientes de drenaje; es la relación existente entre el módulo resiliente en una condición de humedad óptima con respecto al módulo resiliente para una cierta condición de humedad. El valor de 1.0 representa que las condiciones de drenaje son similares a los ensayos del AASHO Road Test, mientras que valores por encima de 1.0 representan condiciones mejores que las usadas en estos ensayos.

Para el cálculo de los coeficientes de drenaje es necesario conocer dos parámetros: la calidad del drenaje del material y el porcentaje de tiempo que la estructura de pavimento estará expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación. El diseño de la carretera se realizará considerando material de subbase y base de buena calidad de drenaje (el agua es drenada por el pavimento a más tardar en 1 día) y como se determinó en el capítulo 2, el porcentaje de tiempo que el pavimento estará expuesto a niveles de humedad próximas a la saturación será mayor al 25%. De acuerdo a lo mencionado y a la tabla 2.4 de la página II-25 de la guía de la AASHTO, que se muestra a continuación, se considerará el valor de 1.0 para los coeficientes de drenaje m_1 y m_2 .

Tabla 11

Valores recomendados de coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles

Quality of drainage	Less than 1%			Greater than 25%
		1-5%	5-25%	
Excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Very poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993)

2.4.2.4.2. Diseño de Espesores

Con el objetivo de hallar los espesores de las capas del pavimento flexible, la guía de la AASHTO desarrolló la siguiente ecuación para el cálculo del número estructural (SN):

Tabla 12

Espesores mínimos (pulgadas) de carpeta asfáltica y base

Traffic, ESAL	Asphalt concrete	Aggregate base
Less than 50,000	1.0 (or surface treatment)	4.0
50,001 – 150,000	2.0	4.0
150,001 – 500,000	2.5	4.0
500,001 – 2,000,000	3.0	6.0
2,000,001 – 7,000,000	3.5	6.0
Greater than 7,000,000	4.0	6.0

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials

Otro punto a tomar en cuenta son los espesores mínimos recomendados los cuales son mostrados en la siguiente tabla adquirida de la página II-35 de la guía de la AASHTO.

Debido a que el ESAL calculado anteriormente fue de 12.00×10^6 , el espesor mínimo correspondiente a la carpeta asfáltica sería de 4 pulgadas mientras que el correspondiente a la capa de base granular sería de 6 pulgadas.

Previo al cálculo de los espesores de capa se debe hallar el número estructural asociado al módulo resiliente de la base, subbase y subrasante. De acuerdo a la guía de la AASHTO para hallar el módulo resiliente de la base y la subbase se puede hacer uso de las mismas gráficas que sirvieron para hallar los coeficientes estructurales a_2 y a_3 (imagen 10 e imagen 11) o también hacer uso de las siguientes relaciones que se derivan de dichas gráficas:

Para el cálculo del módulo resiliente de la base:

$$a_2 = 0.249 \log(M_r \text{ base}) - 0.977$$

Como a_2 fue hallado anteriormente y tiene un valor de 0.14, el valor del módulo resiliente de la base sería de 30,616 psi o 30.6 ksi.

Para el cálculo del módulo resiliente de la subbase:

$$a_3 = 0.227 \log(M_r \text{ subbase}) - 0.839$$

Como a_3 fue hallado anteriormente y tiene un valor de 0.11, el valor del módulo resiliente de la subbase sería de 15,157 psi o 15.2 ksi.

Además, conocidos los valores de confiabilidad ($R = 90\%$), desviación estándar combinada ($S_o = 0.44$), número de ejes equivalentes ($ESAL = 12.00 \times 10^6$) y pérdida de serviciabilidad ($\Delta = 1.2$), se tiene la siguiente tabla resumen:

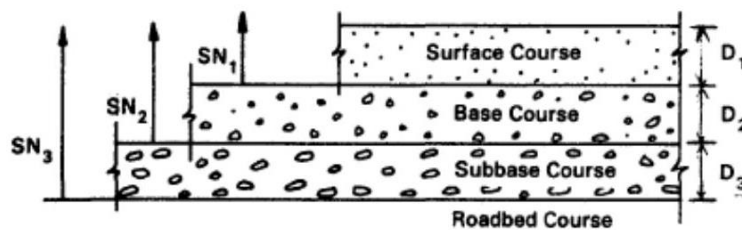
Tabla 13

Número estructural (SNi) asociado al módulo de resiliencia (Mr) de la base, subbase y subrasante

Capa	Módulo de resiliencia (Mr)	Número estructural (SNi)
Base	30.6 ksi	3.2 (SN1)
Subbase	15.2 ksi	4.4 (SN2)
Subrasante	8.0 ksi	5.5 (SN3)

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para el cálculo de los espesores, se utilizará el procedimiento de la figura 3.2 de la página II-36 de la guía de la AASHTO que se muestra a continuación:



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

Figura 13. Procedimiento de diseño de los espesores de las capas de un pavimento flexible
(Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials (1993))

Se tienen como datos hallados anteriormente lo siguiente: $a_1=0.44$, $a_2=0.14$, $m_2=1.0$, $a_3=0.11$ y $m_3=1.0$

Primero, para el cálculo del espesor D_1 de la carpeta asfáltica, se considera el módulo de resiliencia (Mr) de la capa base y así se obtiene el número estructural SN_1 que se requiere para proteger a la base, de donde:

$$\frac{SN_1}{D_1} \geq a_1$$

Como el número estructural SN_1 es igual a 3.2, entonces, $D_1 \geq 7.27"$. Usamos el valor de 7.50 pulgadas, lo cual es mayor al espesor mínimo recomendado por la AASHTO de 4 pulgadas.

Posteriormente para determinar el espesor D_2 de la capa base, se considera el módulo de resiliencia (Mr) de la subbase para obtener el número estructural SN_2 que se requiere para proteger a la subbase, de donde:

$$\frac{SN_2 - a_1 D_1}{D_2} \geq a_2 m_2$$

Como el número estructural SN_2 es igual a 4.4, entonces:

$$\begin{aligned} D_2 &\geq \frac{4.4 - 0.44 \times 7.50}{0.14 \times 1.0} \\ D_2 &\geq 7.86" = 19.96 \text{ cm} \end{aligned}$$

Usamos el valor de $D_2 = 20$ cm o 7.87 pulgadas, el cual es mayor al espesor mínimo recomendado por la AASHTO de 6 pulgadas.

Finalmente, para el cálculo del espesor D_3 de la capa subbase, se considera el módulo de resiliencia (Mr) de la subrasante para obtener el número estructural SN_3 que se requiere para proteger a la subrasante, de donde:

$$\frac{SN_3 - a_1 D_1 - a_2 D_2 m_2}{D_3} \geq a_3 m_3$$

Como el número estructural SN_3 es igual a 5.5, entonces:

$$\begin{aligned} D_3 &\geq \frac{5.5 - 0.44 \times 7.50 - 0.14 \times 7.87 \times 1.0}{0.11 \times 1.0} \\ D_3 &\geq 9.98" = 25.35 \text{ cm} \end{aligned}$$

Usamos el valor de $D_3 = 30$ cm

Sin embargo, no existe una única solución para determinar los espesores de capas ya que estos pueden variar y aun así cumplir con los requisitos de espesores mínimos y de número estructural

mínimo. A continuación se presentan diferentes configuraciones de posibles espesores para cada una de las capas:

Tabla 14

Alternativas AASHTO de espesores del pavimento flexible (I)

Alternativa	Espesores de capas		
	D1 (pulgadas)	D2 (cm)	D3 (cm)
Alternativa 1	7.50	20.00	30.00
Alternativa 2	7.50	25.00	20.00
Alternativa 3	7.50	30.00	15.00
Alternativa 4	8.00	20.00	25.00
Alternativa 5	8.00	25.00	15.00
Alternativa 6	8.50	15.00	25.00
Alternativa 7	8.50	20.00	20.00
Alternativa 8	8.50	25.00	15.00
Alternativa 9	9.00	15.00	20.00
Alternativa 10	9.00	20.00	15.00

Fuente: Elaboración propia

La guía de la AASHTO también plantea otra metodología que consiste en considerar los espesores de la carpeta asfáltica y de la base como valores cercanos a los espesores mínimos recomendados para así hallar el valor del espesor de la subbase.

Tenemos como dato que el SN asociado a la subrasante es de 5.5 y los espesores recomendados de la guía para la carpeta asfáltica y la base son de 4 pulgadas y 15 cm respectivamente. De esta manera tenemos que:

$$SN = D1 \times a1 + D2 \times a2 \times m2 + D3 \times a3 \times m3$$

$$5.5 = 4 \times 0.44 + \left(\frac{15}{2.54} \right) \times 0.14 \times 1.0 + \left(\frac{D3}{2.5} \right) \times 0.11 \times 1.0$$

$$D3 = 67.27 \text{ cm}$$

El valor del espesor de la subbase es de aproximadamente 70 cm; sin embargo, al igual que la metodología anterior, no existe una única solución ya que los espesores de la carpeta asfáltica y de la base pueden incrementar. Siendo así, tenemos la siguiente tabla resumen con las alternativas de solución propuestas:

Tabla 15*Alternativas AASHTO de espesores del pavimento flexible (II)*

Alternativa	Espesores de capas		
	D1 (pulgadas)	D2 (cm)	D3 (cm)
Alternativa 1	4.00	15.00	70.00
Alternativa 2	4.00	20.00	65.00
Alternativa 3	4.00	25.00	55.00
Alternativa 4	4.00	30.00	50.00
Alternativa 5	4.50	15.00	65.00
Alternativa 6	4.50	20.00	60.00
Alternativa 7	4.50	25.00	50.00
Alternativa 8	4.50	30.00	45.00
Alternativa 9	5.00	15.00	60.00
Alternativa 10	5.00	20.00	55.00
Alternativa 11	5.00	25.00	45.00
Alternativa 12	5.00	30.00	40.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16*Sección transversal del pavimento flexible - AASHTO*

Carpeta asfáltica	Espesor: 4" - 5". Pavimento de concreto asfáltico en caliente
Base granular	Espesor: 15cm – 30cm. CBR: 112%. Compactación al 100% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado
Subbase granular	Espesor: 40cm – 70cm. CBR: 29%. Compactación al 100% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado
Subrasante	Espesor: 30cm. CBR: 6%. Compactación al 95% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Estándar

Fuente: Elaboración propia

De las dos metodologías recomendadas por la guía de la AASHTO, esta última proporciona espesores más bajos en las capas más costosas (carpeta asfáltica y base granular), lo cual se traduce en un menor costo global de construcción; razón por la cual es usada en el diseño de pavimentos flexibles en el Perú.

En el capítulo de análisis económico se averiguará cuál de las alternativas de esta última metodología es la mejor opción para llevar a cabo el diseño final del pavimento flexible por la metodología de la AASHTO

2.4.2.5. Estudio de pavimentos

MÉTODO DEL NAASRA: Según **OZROADS**, señala que NAASRA hoy Austroads “es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

Una conferencia de la Commonwealth y Ministros de Estado de Transportes, en Melbourne en 1933 decidió que debía haber una conferencia anual de la autoridad estatal de carreteras ejecutivos. Como resultado, el Comisionado de NSW para Carreteras principales instigó la Primera Conferencia Anual de Autoridades carretera estatal (COSRA) y escribió en su invitación que "sería una buena cosa para que nos reunamos los hombres carretera interesados en el desarrollo de nuestros estados y de transporte instalaciones, y hay muchos problemas que se cree podría tratarse mejor en forma conjunta.

La primera reunión COSRA tuvo lugar en Melbourne durante 3 días en febrero de 1934. El programa se ocupa de asuntos como la organización de la conferencia, las finanzas carreteras y la legislación, la coordinación de la investigación y la difusión de información, junto con una serie de cuestiones técnicas. El principal beneficio de COSRA es que se dio a las autoridades de carreteras del Estado la oportunidad de descubrir lo que otros estados estaban haciendo. En lugar de cada estado tratando de resolver los mismos problemas, podrían hacer una contribución independiente pero coordinada a la solución.

Hubo dos reuniones cada año, uno de los cuales los responsables de las autoridades de tráfico del estado asistieron y el otro que era una reunión de sus oficiales técnicos. Las reuniones técnicas abordan cuestiones de ingeniería y prácticas de política en detalle, ayudando a crear innovaciones que luego se convirtieron en algo común, como un método estándar para el uso de hitos o cuestiones más complejas como la carga de diseño de puentes.

En 1939, la conferencia fue pospuesta indefinidamente debido a la Segunda Guerra Mundial y no se reanudó hasta 1945.

Según el **MTC** después de la guerra, COSRA se reanudó y una de las cuestiones clave abordadas por la Conferencia fue la de señalamiento de la ruta. COSRA trabajó para elaborar un plan maestro para un esquema de la ruta nacional marcado en 1954, diseñado para producir un sistema de navegación que fue consistente a través de todo el país, independientemente de las fronteras estatales. La primera ruta que se firmó como un ensayo fue la Ruta Nacional 31 (Hume Highway) en 1954 y el plan fue ampliamente exitosa. Para mantener el sistema nacional, COSRA fue inculcado como la autoridad de coordinación - todas las propuestas de cambios en el sistema de la Ruta Nacional tenían que ser aprobados por COSRA. La Secretaría de COSRA lleva un registro de las rutas nacionales aprobadas, sin embargo, este registro parece haber sido destruidos o perdidos como parece que no puede recuperarlo.

El nombre de la conferencia fue cambiado a la Asociación Nacional de Autoridades Australia State Road (NAASRA) en octubre de 1959 para reflejar su crecimiento en una organización, no sólo a una conferencia. En 1960 NAASRA creó la Junta de Investigación del Camino australiano (ARRB) para coordinar mejor y fomentar la investigación en todos los aspectos de la carretera de decisiones, la planificación y la gestión.

NAASRA continuó en COSRA dejó en la coordinación de los sistemas de señalización de ruta a través de Australia. Se establecieron directrices para garantizar la uniformidad en la señalización del sistema nacional de ruta y directrices desarrolladas para el establecimiento de un sistema de marcado de la ruta estatal”.

Tomando en consideración los criterios procedentes, los resultados de los ensayos de laboratorio, las observaciones de campo la experiencia acumulada en estudios anteriores para el análisis del CBR de la subrasante se tomará un CBR Promedio de 3.33 % diseño.

2.4.2.6.Diseño estructural

En el diseño de un pavimento moderno, es de primera importancia evaluar las cantidades y los pesos de las cargas por eje supuestos a aplicarse al pavimento durante un período de tiempo dado. Las investigaciones nos muestran que el efecto sobre el comportamiento del pavimento, de una carga por eje de mayor, puede representarse por una cantidad equivalente a 8.2 Tn de aplicación de carga por eje simple.

Como referencia del cálculo se presenta la tabla siguiente, para períodos de 5 y 10 años

Tabla 17*Períodos de 5 y 10 años*

IMDA (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)		10 años (carril de diseño)	
		Nº Repeticione s EE 8.2 tn	Nº Repeticione s EE 8.2 tn	Nº Repeticione s EE 8.2 tn	Nº Repeticione s EE 8.2 tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Interpolando del cuadro anterior se obtiene: $N_{rep\ de\ EE_{8.2\ Tn}} = 7.46 \times 10^4$ **2.4.2.7. Tipos de tránsito**

Según el autor del Libro Carretera, Calles y Aeropistas del Ing. Raúl Valles Rodas:

Los diferentes tipos de tránsito que se considera para el método de espesores de afirmado son los siguientes:

Tránsito Ligero (Liviano): Es aquel que tiene un tránsito comercial menor de 50 camiones y autobuses diarios.

Tránsito Mediano: Aquel cuyo tránsito comercial está comprendido entre 50 y 300 camiones y autobuses diarios.

Tránsito Pesado: Aquel que tiene un tránsito comercial mayor de 300 camiones y autobuses diarios.

En todo los casos que se vienen de describir, se supone que un máximo del 15% de vehículos, tiene una carga por rueda de 9,000 las. (5.364 Kilogramos).

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

Tabla 18

Cuadro de la clase de tráfico que circula por el tramo en estudio

Clase	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	< 15	16 - 50	51 - 100	101 – 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	< 6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
Nº Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5x10 ⁴	2.6x10 ⁴ - 7.8x10 ⁴	7.9x10 ⁴ - 1.5x10 ⁵	1.6x10 ⁵ - 3.1x10 ⁵

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTROADS)).

Método NAASRA

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep / 120)$$

Dónde:

e= Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de Diseño

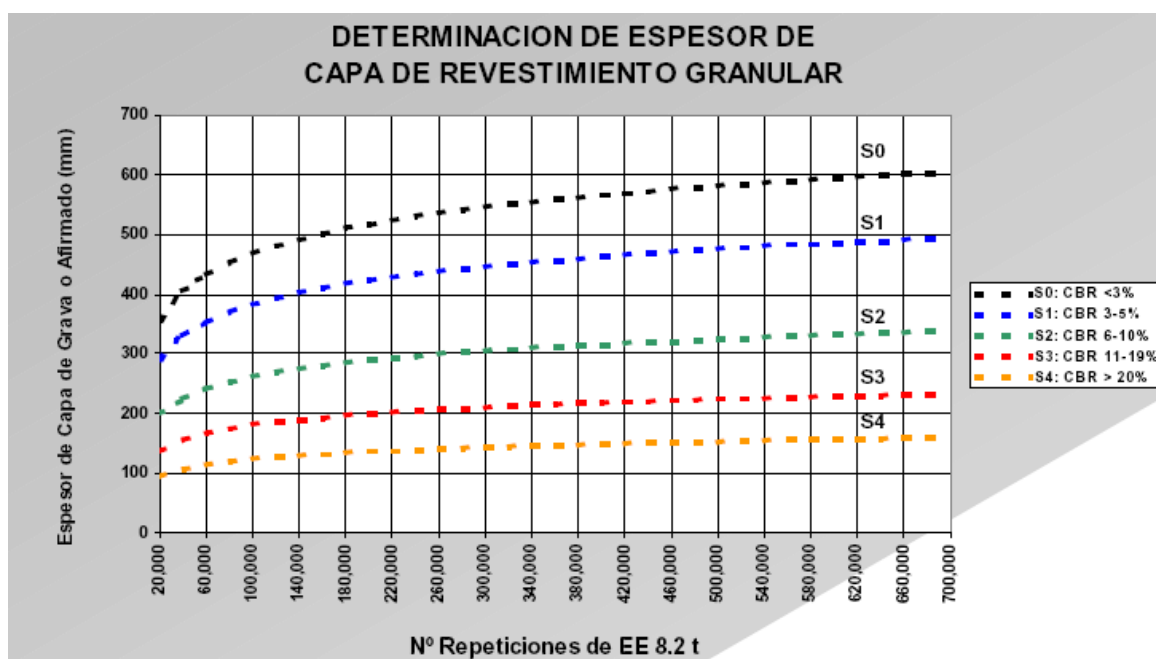


Figura 14. Determinación de espesor de capa de revestimiento granular (Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA)

Para los tráficos tipo T2, T3 y T4 el espesor total determinado, está compuesto por dos capas: una capa superficial que es una grava estabilizada con finos ligantes y una capa inferior de grava drenante, cuya diferencia depende del tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla.

En todo caso se podrá optimizar las secciones de pavimento propuestas, para lo cual se analizará las condiciones de la subrasante, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda específica de tráfico en el tramo y se determinarán los espesores necesarios de la nueva estructura del pavimento; en caso, de que el tramo tenga una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente, solo se colocará el espesor de afirmado necesario o el mínimo constructivo (100mm) para completar el espesor obtenido según la metodología de diseño adoptada.

Según la gráfica del método, para determinar el espesor de la capa granular de rodadura, se deberá conocer la capacidad soporte del suelo (C.B.R.) del terreno de fundación, la intensidad del tráfico, en número de ejes equivalentes al eje estándar de 18,000 libras de carga, en el periodo de diseño y la calidad de material a emplear como capa granular.

CALCULO DE EAL: Según **Cuevadelcivil.Com** “se utiliza para determinar el efecto destructivo, dependiendo de las cargas y tipo de ejes de los vehículos.

Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el transito está compuesto por vehículos de diferente peso y numero de ejes.

Los ejes equivalentes se los denominara ESAL's (equivalent simple axial load – sencilla carga axial equivalente)’’.

TIPO DE SUBRASANTE	CLASE TRAFICO: T1 IM Da: 16 - 50 vehículos Vehículos Pesados (Buses-Camiones) por día de diseño: 8 - 16 vehículos pesados Número de Repeticiones de EE 2.2h (anillo de diseño): 2.2E+04 - 7.8E+06		
	A: subrasante sin mejoramiento, perfilado y compactado	B: con mejoramiento de subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%	C: con mejoramiento de subrasante con adición de cal, cemento o químicos
S0 SUBRASANTE MUY POBRE CBR < 3%	450mm	250mm 300mm	250mm 200mm
S1 SUBRASANTE POBRE CBR 3% - 5%	370mm	250mm 200mm	250mm 150mm
S2 SUBRASANTE REGULAR CBR 6% - 10%	250mm		
S3 SUBRASANTE BUENA CBR 11% - 19%	180mm		
S4 CBR > 20%	150mm	(Especial mínimo)	
----- Nivel superior de la subrasante perfilado y compactado al 95% de la MDS			
Subrasante			
B: Con Mejoramiento de Subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%			
C: Con Mejoramiento de Subrasante con adición de Cal, Cemento o químicos, para obtener un CBR > 6%			
Capa de Afirmado Tipo 1			
Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de los caminos, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una Imprimación Reforzada Bituminosa; o una Estabilización con Cloruros de sodio (Sal), de magnesio, u otros estabilizadores químicos.			

Figura15. Catálogo de capas de revestimiento granular (**Fuente:** ministerio de transportes y comunicaciones)

Marco conceptual: definición de términos básicos

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, elaborado por el MTC, define lo siguiente:

Sistema Nacional.- Que corresponde a la red de carreteras de interés Nacional y que une los puntos principales de la Nación con sus Puertos y Fronteras.

Sistema Departamental.- Compuesto Por aquellas carreteras que constituyen la red vial circumscripta a la zona de un Departamento.

Sistema Vecinal.- Es el conformado por aquellas carreteras de carácter local y que une las aldeas y pequeñas Poblaciones entre sí.

Carreteras Duales.- Para IMD mayor de 4,000 Veh./día, consisten en carreteras de calzadas separadas

Carreteras de 1° Clase.- Para IMD comprendido entre 2,000 y 4,000 Veh/día

Carreteras de 2° Clase.- Para IMD comprendido entre 400 y 2,000 Veh/día.

Carreteras de 3° Clase.- Para IMD hasta 400 Veh./día

Trocha Carrozable.- No identifica IMD, constituye una clasificación aparte, pudiéndosele definir como aquellos caminos a los que les falta requisitos para poder ser clasificados en tercera clase.

Visibilidad de Parada.- Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo a una velocidad directriz.

Pendiente.- Cuesta o declive de un terreno, Angulo que forma un plano o línea con los horizontes.

Alcantarilla.- Paso bajo conducto para circular las aguas, acueducto subterráneo para recoger las aguas.

Cantera.- Sitio al aire libre o subterráneo de donde se extrae agregados grueso o fino otros materiales para la construcción.

Cubicación de Tierras.- En base a las secciones transversales se procede al areado de las mismas, separando las áreas de corte, de relleno y de muro. Luego se realiza la cubicación de tierras mediante el método de volúmenes mixtos.

Marco histórico

Sabemos que las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos. En ese sentido, el desarrollo de una nación depende en gran medida de la extensión y el estado de su red vial. En efecto, los caminos y carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y carga, que repercuten directamente en el progreso social, político y social.

En el Departamento de San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación. El tramo del camino vecinal San Pablo-Sector Peña Negra Km 0+000-Km 4+620 presenta en la actualidad los problemas que generan atraso, que dan origen a que los pobladores de las localidades de San Pablo y Sector Peña Negra, tengan la necesidad urgente de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

Este proyecto ha sido largamente acariciado por los pobladores de las distintas localidades que se encuentra en el tramo en estudio. Desde mi punto de vista, considero que a fin de extender nuestro accionar social desde la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de nuestra Universidad Nacional de San Martín hoy estamos tomando acciones en la línea de lograr un proyecto que permita elaborar el expediente técnico correspondiente y por ende buscar el financiamiento para atender esta necesidad de dichas localidades.

2.5 Hipótesis

La Elaboración del **Diseño de Pavimento afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao, en el Distrito de A gua Blanca, Provincia de el Dorado, Región San Martin**”, nos permitirá solucionar los problebas económicos y de producción de los pobladores cercano y anexos a la zona.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

3.1.1. Recursos humanos

Tesista

Asesor

Técnico de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Digitador

Ayudantes

3.1.2. Recursos materiales y servicios

Ensayos de Laboratorio

Material bibliográfico

Material de escritorio

Movilidad y viáticos

3.1.3. Recursos de Equipos

01 Computadora

01 Estación Total, marca TOPCON, modelo GPT-3005 LW, completos.

01 Nivel Topográfico, marca TOPCON, modelo AT-G7, Completos.

02 GPS GARMIN.

01 computador portátil.

01 Plotter

3.2. Metodología de la investigación

3.2.1. Universo y/o muestra

Universo: Carreteras y Caminos de la Región San Martín

Población: Carreteras y Caminos de la provincia de Bellavista y Mariscal Cáceres

Muestra: Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao, en el Distrito de A gua Blanca, Provincia de el Dorado, Región San Martín

3.2.2. Sistema de variables

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

Variable Independiente:

Estudio Topográfico.

Estudio de Mecánica de Suelos.

Estudio de Tráfico.

Variables Dependientes:

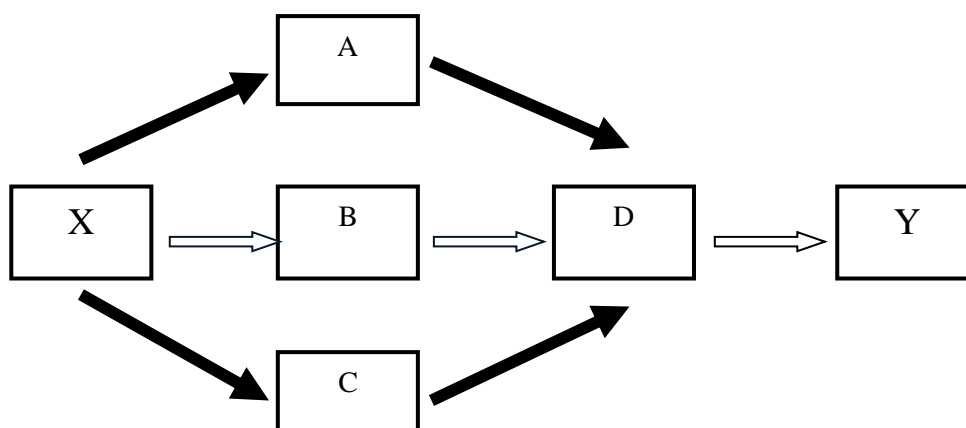
Diseño de Pavimento afirmado del Camino Vecinal Agua Blanca – Shapanao, en el Distrito de A gua Blanca, Provincia de el Dorado, Región San Martín

3.2.3. Tipos y nivel de la investigación

Tipo: Investigación aplicada

Nivel: Básico

3.2.4. Diseño del método de la investigación



X: Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

A: Estudio Topográfico.

B: Estudio de Mecánica de Suelos.

C: Estudio de Tráfico.

D: Estudios de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.

Y: *Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del diseño del pavimento a nivel de afirmado.*

3.2.5. Diseño de instrumentos

El levantamiento topográfico del Camino Vecinal será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

Los datos recopilados del estudio de suelos y de cantera en campo deberán ser sometidos a distintos tipos de Ensayos los cuales se llevarán a cabo en las instalaciones de Laboratorio Generales E.I.R.L ubicado en la Ciudad de Tarapoto.

3.2.5.1. Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos

Se utilizará Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

3.2.6. Procesamiento de la información

Los Procesamientos y presentación de Datos se realizará de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

Con respecto al estudio de suelos realizado se utilizó el CBR en el diseño del espesor del pavimento y la calidad del agregado en la conformación de la subrasante y afirmado, los cuales se presentan en los diferentes anexos del presente estudio.

3.2.7. Análisis e interpretación de datos y resultados

El análisis se hizo a través del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, aprobado con Resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04/04/2008, así como la interpretación de los distintos ensayos a realizarse, se utilizó las Normas ASTM.

MÉTODO DEL NAASRA: Según **OZROADS**, señala que NAASRA hoy Austroads “es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los

estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

Método USACE

El cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. ha acumulado una gran experiencia en el diseño y comportamiento de caminos para bajo volumen de tránsito. Aunque la mayor parte concierne a la transitabilidad de vehículos militares y aviones, la experiencia del USACE incluye también caminos de tierra, de grava y aquellos que poseen tratamientos bituminosos como superficies de rodamiento.

El procedimiento se basa en ecuaciones (Ábaco) que permiten determinar el espesor de material requerido sobre una capa o subrasante, identificada por su resistencia (CBR), a condición de que el CBR del material de recubrimiento sea mayor que el del subyacente.

3.2.8. Información del proyecto: diseño obtenido

3.2.8.1. Detalles de ejecución de las secciones transversales

La sección transversal que se ha optado, está en función a la velocidad directriz del camino vecinal. Esto significa después del ancho de la calzada al borde del talud viene directamente la cuneta.

3.2.8.2. Trazo del perfil longitudinal

Perfil longitudinal existente y propuesto:

Tratándose de una obra de Rehabilitación y Mejoramiento del camino vecinal a nivel de afirmado, la rasante propuesta en gran parte se adapta a la forma del terreno.

Pendientes

Las pendientes fuertes en algunas curvas verticales han sido reducidas con algunos cortes en el terreno tratando de ajustarse a los valores recomendados por las normas de diseño de caminos vecinales.

3.2.9. Criterio general de aplicación

Se ha considerado en lo posible las características técnicas de la vía existente, tales como radios mínimos, trazo en planta y la limpieza de las obras de drenaje existentes.

La Velocidad Directriz, es la escogida para el diseño de un tramo determinado de la carretera, de acuerdo a las características del terreno sobre el cual se desarrolla esta y en concordancia con la necesidad de evitar un excesivo movimiento de tierras, preservando las condiciones de seguridad. En nuestro tramo la topografía sobre la cual se desarrolla el camino vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000 – Km 9+000, corresponde a una topografía ondulada, por lo que en cumplimiento de las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras la velocidad adoptada es de 25-35 Km/hora. Veamos:

Tabla 19

Diseño de carreteras

Parámetro	Valor
Topografía	Ondulada
Clasificación del camino	Camino Vecinal de Tránsito Bajo
Velocidad Directriz	30 Km/h
Radio Mínimo de Curvas Horizontales	15.00 m
Longitud Mínima de Curvas Verticales	30.00 m
Ancho de Superficie de Rodadura	5.00 m
Sobreancho	Min.0.30, máx.4.50
Bombeo de Superficie de Rodadura	2.5%
Peralte en Curvas	Variable, 6% máximo
Taludes de Corte	
Suelos Consolidados y Compactos	
Material Suelto	4:1
Conglomerados Comunes	3:1
Roca Suelta	4:1
Roca Fija	10:1
Taludes de Relleno	
Enrocados	1:1
Suelos Diversos Compactados	1:1.5
Cunetas sección triangular	1.00 x 0.50

3.2.10. Excepciones consentidas

Teniendo una velocidad directriz de 30.00 Km/Hora, el tramo no cuenta con algunas excepciones consentidas.

3.2.11. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal permitirá conservar siempre la velocidad directriz de diseño. No se ha realizado variantes del trazo en el camino vecinal.

3.2.12. Curvas horizontales

3.2.12.1. Radios mínimos normales

Según las Normas de Diseño de Carreteras, se determina el radio mínimo excepcional.

Radio Mínimo normal 15 m.

Radio Mínimo excepcional 12 m.

Para el caso del presente proyecto, el radio mínimo proyectado es de 20.00 m.

3.2.12.2. Homogeneidad del trazo

Se diseña un alineamiento en el cual las condiciones sean consistentes. Se evita tanto como sea posible los cambios súbitos en el alineamiento. Teniendo en cuenta que las tangentes largas se conectarán con curvas suaves, y las curvas cortas y agudas no se combinarán con curvas largas de pequeña curvatura.

En la zona la pendiente presenta el mayor problema porque el alineamiento horizontal está condicionado por el criterio de máxima pendiente.

3.2.12.3. Desarrollo de curvas

El criterio usado en el desarrollo de las curvas es que las ramas de los desarrollos tengan la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible evitando la superposición de varias de ellas en una misma ladera.

3.2.12.4. Peraltes y sobre anchos

La finalidad del uso de peraltes es contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, todas las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El valor del Sobreancho varía en función al tipo de vehículos, radio de la curva y la velocidad directriz.

3.2.13. Secciones transversales

3.2.13.1. Calzada

El ancho de la calzada a rasante terminada resulta de la suma del ancho del pavimento, del ancho de las bermas y su curva aumentadas del sobreancho.

El ancho de la superficie de la carretera es adecuado para acomodar el tipo y capacidad de tránsito previsto, y la velocidad de proyecto propuesta.

3.2.13.2. Taludes

Los taludes laterales y contra-taludes varían en gran medida, los taludes, planos bien acabados presentan una apariencia agradable y son más económicas en su construcción y mantenimiento, por la ubicación geográfica y el tipo de material existente en la zona se utilizara los parámetros siguientes:

Taludes de corte:

Suelos Consolidados y Compactos Material Suelto: 4:1

Conglomerados Comunes: 3:1

Roca Suelta: 4:1

Roca Fija: 10:1

Taludes de relleno:

Enrocados: 1:1

Suelos Diversos Compactados Terrenos varios: 1:1.5

3.2.13.3. Detalles de ejecución de las secciones transversales

En los casos en que se tenga que eliminar material procedente de cortes se debe implementar mayores anchos en la plataforma del terraplén inmediato, mejorándose también el talud de relleno.

Cuando sea necesario disponer de material adicional para los terraplenes formado con material transportado, se ensanchará la sección transversal normal teniendo el talud originalmente previsto.

Los taludes en corte de más de 7.00 m estarán provistos de banquetas, para los rellenos en ladera empinada se dispondrán banquetas para facilitar la compactación por capas horizontales para prevenir deslizamientos.

Sección transversal típica en terraplen y en curva

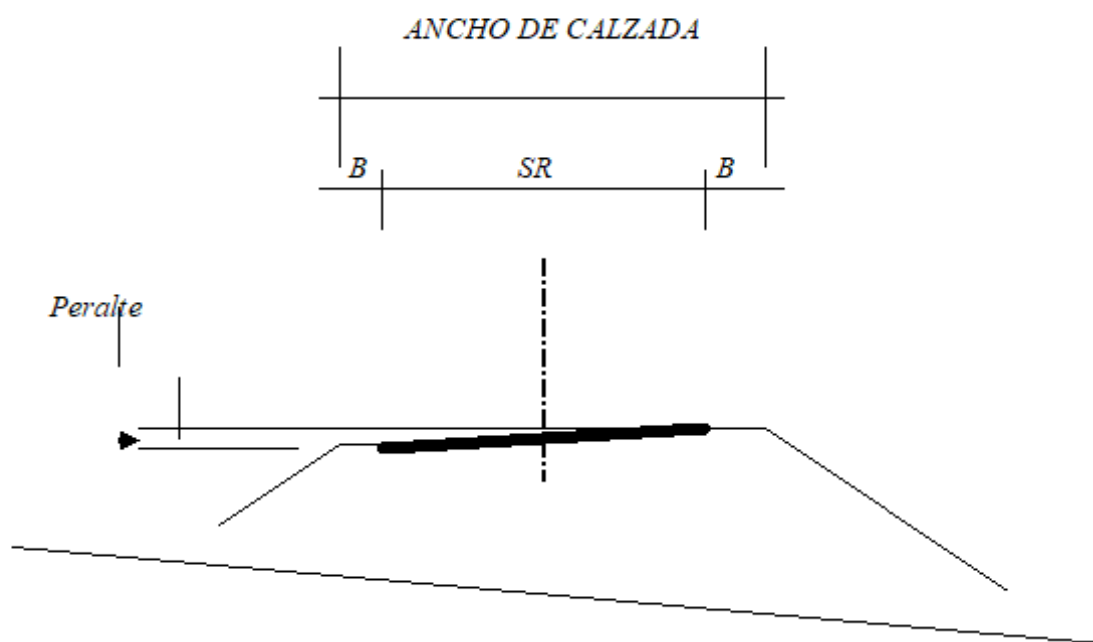


Figura 16. Sección transversal típica en terraple y curva

Sección transversal en tangente

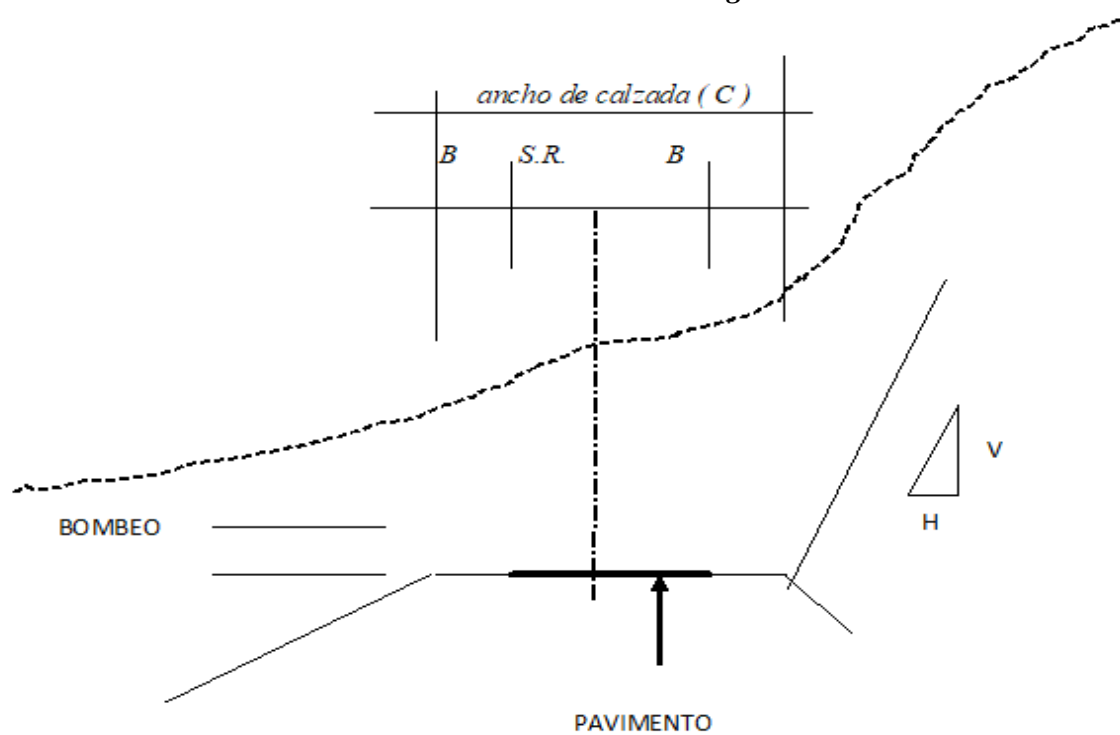


Figura 17. Sección transversal en tangente.

Sección transversal en curva

SENTIDO DE LA CURVA

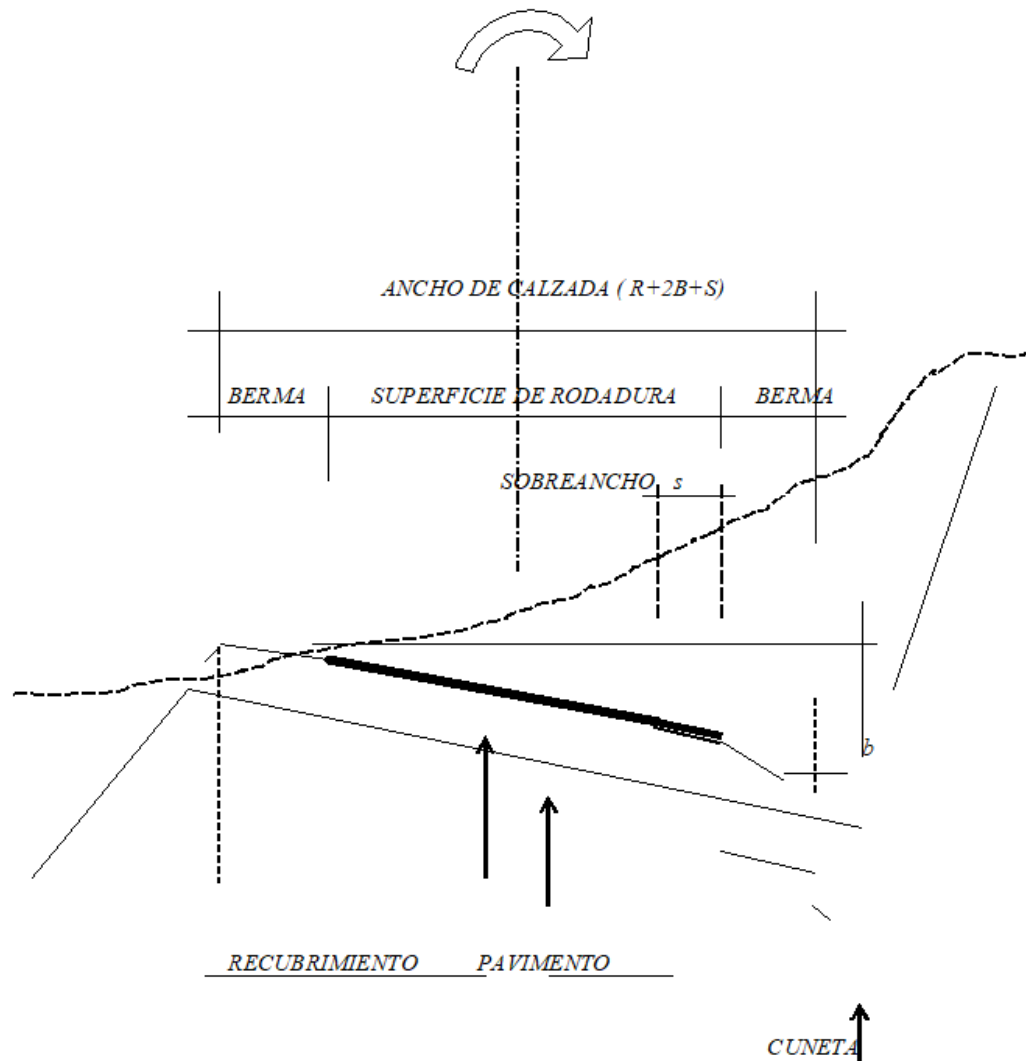


Figura 18. Sección transversal en curva

Superficie de Rodadura 5.00 m

Calzada 5.00 m+bermas+Sobreanchos

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.Resultados

4.1.1. Recopilación de información

4.1.1.1.Vista de campo preliminar

Se ha realizado la visita de campo preliminar para el reconocimiento del camino y considerar el trazo y las obras de artes necesarias, así mismo se visitó a las comunidades y sectores beneficiarios con el proyecto para conocer los productos cultivados en la zona y la importancia del mejoramiento de esta vía.

4.1.1.2.Estudio socioeconómico

Tabla 20

Población del Distrito de Agu Blanca

Distritos	Urb.	Rural	Población	porcentaje
Habana	2,623	800	2623	100.0%
Total				100.0%

Fuente: Censos nacionales 2017 – INEI

Tabla 21

Cuadro de producción de los principales cultivos en la zona del proyecto

Cultivos	Has. Sembradas	Producción (Tn.)
Arroz	850	5,950.00
Yuca	60	300
Plátano	135	540
Maíz	80	640
Café	430	2,150.00
cacao	10	40
Papaya	10	50
Total	1,575	9,670.00

Fuente: Agencia Agraria – SISA.Diseño geométrico de la carretera

4.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con G.P.S. y Estación tota, y a partir de ello se clasificó la vía en estudio y presenta la siguiente característica.

Tabla 22*Control altimétrico*

Bm	Progresiva	Cota	Ubicación (lado)
0	00+000	859.257 msnm	Izquierdo
0.5	00+500	863.139 msnm	Derecho
1	01+000	868.263 msnm	Izquierdo
2	02+000	842.395 msnm	Izquierdo
2.5	02+500	838.610 msnm	Izquierdo
3	03+000	838.672 msnm	Izquierdo
3.5	03+500	839.320 msnm	Derecho
4	04+000	837.510 msnm	Derecho
4.5	04+500	835.910 msnm	Izquierdo
5	05+000	836.910 msnm	Derecho

Fuente: Elaboración Propia – Datos Obtenidos En Campo

4.1.3. Velocidad de diseño

Según los parámetros del Manual de Diseño Geométrico D. G. 2014, apartir de las características de la vía se optó por el siguiente valor

Tabla 23*Velocidad de diseño*

Progresiva	Velocidad Directriz (km/h)
00+000 – 09+800	30

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Determinación del radio de curvatura

Según el Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito el radio mínimo será, como se indica.

Tabla 24*Velocidad de diseño*

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción fmax	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	8	0.17	28.3	30

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Teniendo en cuenta los parámetros indicados, en el proyecto, los radios considerados para cada una de las curvas son:

Tabla 25

Radio de curvatura.

Nº PI	Radio	Nº PI	Radio
PI-1	500	PI-18	79
PI-2	500	PI-19	53
PI-3	470	PI-20	30
PI-4	330	PI-21	480
PI-5	210	PI-22	30
PI-6	290	PI-23	256
PI-7	50	PI-24	100
PI-8	40	PI-25	60
PI-9	160	PI-26	90
PI-10	35	PI-27	160
PI-11	100	PI-28	155
PI-12	60	PI-29	30
PI-13	90	PI-30	30
PI-14	150	PI-31	30
PI-15	71	PI-32	40
PI-16	544	PI-33	100
PI-17	170		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Distancia de visibilidad

Teniendo en cuenta la velocidad Directriz, los parámetros del Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito es el siguiente.

Tabla 26

Distancia de visibilidad

Velocidad directriz km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Distancia de visibilidad de parada (metros)
30	200	35

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

4.1.6. Sección transversal

4.1.6.1. Calzada

Teniendo en cuenta la vía es de bajo volumen de Transito (T1) y el IMD proyectado, los parámetros del Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito estipula que el ancho de calzada debe variar entre 3.5 m – 6.0 m, por lo que se ha determinado un ancho de calzada de **4.00 m** para el proyecto.

4.1.6.2. Bombeo

El Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito indica que, en las carreteras de bajo volumen de tránsito se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada, teniendo en cuenta los valores, para el proyecto se adoptó el valor de 3.0%

4.1.6.3. Plazoletas de cruce

Las Plazoletas de cruce tendrán una sección 3.00m por 30.0m y estarán ubicadas cada 500 metros, como nos indica el Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, y en el proyecto están ubicadas como indica la tabla N° 26

Tabla 27

Ubicación de las plazoletas de cruce.

Progresivas	Lado
00+500	Izquierdo
00+900	Derecho
01+340	Izquierdo
02+070	Derecho
02+630	Izquierdo
03+165	Derecho
04+345	Derecho

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7. Alineamiento horizontal

Los elementos de las curvas horizontales se calcularon como se indica en el **ANEXO N° 02 Diseño Geométrico**, teniendo en cuentas las normas y formulas indicadas en los manuales para diseño de carreteras y los valores obtenidos se muestra en la tabla N° 10.

Tabla 28*Elementos de curvas horizontales*

N° PI	S	Delta	Radio	Tang.	L.C	Ext.	P.I	PC	PT	S.A.	P (%)
PI-1	D	1°09'12"	500	5.03	10.07	0.03	0+107.90	0+102.87	0+112.94	0.2	0
PI-2	I	2°10'49"	500	9.51	19.03	0.09	0+347.43	0+337.92	0+356.94	0.2	0
PI-3	D	20°26'59"	470	84.78	167.75	7.58	0+705.87	0+621.09	0+788.84	0.2	0
PI-4	I	15°04'41"	330	43.67	86.84	2.88	0+909.22	0+865.55	0+952.39	0.3	1
PI-5	I	31°08'02"	210	58.5	114.11	8	1+238.97	1+180.47	1+294.58	0.4	1
PI-6	D	19°18'07"	290	49.31	97.7	4.16	1+485.28	1+435.96	1+533.66	0.3	1
PI-7	I	53°03'13"	50	24.96	46.3	5.88	1+612.93	1+587.97	1+634.27	1.4	4
PI-8	D	89°20'46"	40	39.55	62.38	16.25	1+724.51	1+684.96	1+747.34	1.7	5
PI-9	D	9°50'14"	160	13.77	27.47	0.59	1+841.32	1+827.55	1+855.02	0.5	1
PI-10	I	84°02'24"	35	31.54	51.34	12.11	1+924.32	1+892.78	1+944.12	2	6
PI-11	D	24°02'10"	100	21.29	41.95	2.24	1+998.28	1+976.99	2+018.94	0.8	2
PI-12	I	28°22'59"	60	15.17	29.72	1.89	2+171.04	2+155.86	2+185.59	1.2	3
PI-13	I	9°52'37"	90	7.78	15.51	0.34	2+233.16	2+225.39	2+240.90	0.9	2
PI-14	D	11°36'19"	150	15.24	30.38	0.77	2+294.78	2+279.54	2+309.92	0.6	1
PI-15	D	18°13'51"	71	11.39	22.59	0.91	2+493.41	2+482.02	2+504.61	1.1	3
PI-16	I	7°53'33"	544	37.53	74.94	1.29	2+567.98	2+530.45	2+605.39	0.2	0
PI-17	D	44°56'02"	170	70.3	133.32	13.96	2+751.61	2+681.31	2+814.63	0.5	1
PI-18	I	30°29'15"	79	21.53	42.04	2.88	2+858.53	2+837.01	2+879.04	1	3
PI-19	I	28°40'29"	53	13.55	26.52	1.7	2+993.37	2+979.82	3+006.35	1.4	4
PI-20	I	55°47'35"	30	15.88	29.21	3.94	3+114.77	3+098.88	3+128.10	2.2	7
PI-21	I	5°50'34"	480	24.49	48.95	0.62	3+224.84	3+200.35	3+249.29	0.2	0
PI-22	D	68°52'33"	30	20.57	36.06	6.38	3+299.50	3+278.93	3+314.99	2.2	7
PI-23	I	15°13'59"	256	34.23	68.06	2.28	3+394.39	3+360.16	3+428.22	0.4	1
PI-24	I	61°04'58"	100	59	106.61	16.11	3+555.04	3+496.04	3+602.65	0.8	2
PI-25	D	64°40'54"	60	37.99	67.73	11.02	3+693.38	3+655.39	3+723.12	1.2	3
PI-26	D	75°05'49"	90	69.18	117.96	23.52	3+857.83	3+788.65	3+906.61	0.9	2
PI-27	I	46°59'13"	160	69.55	131.21	14.46	3+986.25	3+916.70	4+047.91	0.5	1
PI-28	D	64°51'43"	155	98.48	175.47	28.64	4+176.76	4+078.28	4+253.75	0.6	1
PI-29	I	65°56'06"	30	19.46	34.52	5.76	4+476.18	4+456.72	4+491.24	2.2	7
PI-30	D	84°11'30"	30	27.1	44.08	10.43	4+562.51	4+535.41	4+579.49	2.2	7
PI-31	D	9°54'26"	30	2.6	5.19	0.11	4+619.24	4+616.64	4+621.83	2.2	7
PI-32	D	26°45'08"	40	9.51	18.68	1.12	4+823.62	4+814.11	4+832.79	1.7	5
PI-33	I	26°47'06"	100	23.81	46.75	2.8	4+938.49	4+914.68	4+961.43	0.8	2

Fuente: Elaboración Propia

4.1.8. Perfil longitudinal

Tabla 29

Pendiente longitudinal

Tramo	Progresiva		Longitud (m)	Pendiente (%)
	Inicio	Fin		
1	00+000	00+300	300.00	+0.506
2	00+300	00+500	200.00	-0.522
3	00+500	00+700	200.00	+1.514
4	00+700	00+900	200.00	+0.586
5	00+900	01+300	400.00	+1.00
6	01+300	01+620	320.32	-0.137
7	01+620	01+800	179.68	-3.700
8	01+800	01+955	154.82	-7.00
9	01+955	02+160	205.18	-4.00
10	02+160	02+454	294.00	-0.590
11	02+454	02+594	140.00	+0.800
12	02+594	02+852	258.48	-0.680
13	02+852	03+100	247.52	-0.510
14	03+100	03+200	100.00	+1.800
15	03+200	03+600	400.00	-0.200
16	03+600	04+100	500.00	-0.330
17	04+100	04+500	400.00	-0.136
18	04+500	04+900	400.00	+0.565
19	04+900	05+000	100.00	-0.355

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Estudio de suelos

4.2.1. Tipos de suelos de la subrasante

En la tabla N° 10, se describen los tipos de suelos encontrados según los estudios de suelos **anexo N° 04 estudio de mecanica de suelos** en cada una de las calicatas según la clasificación SUCS y AASHTO

Tipos De Suelos De La Sub-Rasante

Calicata N° 01 – Km: 1+000 Prof. 1.50 Mts.

De 0.10 a 1.50(CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color beis, suelo húmedo de consistencia media.

Calicata N° 02 – Km: 2+000 Prof. 1.50 Mts.

De 0.10 a 1.50(CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color beis, suelo húmedo de consistencia media.

Calicata N° 03 – Km: 3+000 Prof. 1.50 Mts.

De 0.10 a 1.50(SP - SM) Arena limosa, mezcla de arena y limo de color blanquecino, suelo húmedo de consistencia baja con cierto % de grava.

Calicata N° 04 – Km: 4+000 Prof. 1.50 Mts.

De 0.10 a 1.50(SP - SM) Arena limosa, mezcla de arena y limo de color blanquecino, suelo húmedo de consistencia baja con cierto % de grava.

Calicata N° 05 – Km: 5+000 Prof. 1.50 Mts.

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color beige, suelo húmedo de consistencia media.

Calicata N° 06 – Km: 5+780 Prof. 1.50 Mts.

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color beige, suelo húmedo de consistencia media.

4.2.2. Capacidad portante (cbr)

En la tabla N° 11, se describen los valores del C.B.R. según los estudios de suelos **anexo N° 04 estudio de mecánica de suelos** en cada una de las calicatas.

Tabla 30

Valores de c.b.r.

Calicatas	Ubicación	C.B.R.
C-01	00+000	4.95
C-02	00+500	4.33
C-03	01+000	5.45
C-04	01+500	11.15
C-05	02+000	14.00
C-06	00+500	9.80
C-07	03+000	3.50
C-08	03+500	3.90
C-09	04+000	3.65
C-10	04+500	4.53
C-11	05+000	3.10

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Estudio de cantera

La cantera recomendada es del río Sisa, la cual se encuentra ubicada a 0.5 km de la localidad de Agua Blanca en el sector Garza Playa, para la utilización en concreto, y la cantera para afirmado granular de la carretera se encuentra a 05 km de la localidad de Agua Blanca en el sector denominado Ampirrarca.

Las condiciones geológicas de la cantera, permiten su explotación mediante extracción directa, tiene un rendimiento global del 85 %, y una potencia de 4,640,000.00 m³.

Tabla 31

Ensayos de laboratorio

Ensayos y método usado	
Clasificación sucs	: gc
Clasificación aashto	: a-2-4(0)
Humedad natural	: 16.59 %
Límite líquido	: 24.40 %
Límite plástico	: 16.60 %
Índice plástico	: 7.80 %
Máxima densidad seca	: 1.960 gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad	: 10.30 %
Cbr (95% m.d.s.)	: 47.60 %

Fuente: Elaboración Propia

Fuentes de agua

Durante el recorrido por la carretera, se ha podido identificar fuentes de agua, las mismas han sido escogidas considerando su accesibilidad, la facilidad para la extracción de agua y principalmente el flujo permanente que presentan, lo que garantiza el aprovisionamiento de agua por todo el año. Las fuentes de agua identificadas son:

Fuente De Agua N° 1

Ubicación :

En el km 0+000 de la carretera en estudio

Lado: Derecho

Acceso: Km 0+000 de la vía en estudio

Fuente: Agua Potable

Uso: Obras de Concreto

Fuente de Agua N° 2

Ubicación: Altura de la progresiva 02+880 de la carretera en estudio

Lado: Derecho

Acceso: A 14.0 m de la vía en estudio

Fuente: Quebrada Capellanía

Uso: Obras de concreto

Fuente de Agua N° 3

Ubicación: Altura de la progresiva 03+120 de la carretera en estudio

Lado: Derecho

Acceso: A 45.0 m de la vía en estudio

Fuente: Río Indoché

Uso: Riego en explanaciones, rellenos, cama de grava arenosa

4.4. Diseño de pavimento

4.4.1. Diseño del espesor del pavimento

4.4.1.1. Determinación del CBR de diseño

Tabla 32

Resumen de descripción de los suelos

Progresiva	Tipo de suelo		Ip (%)	Cbr (%)
	Sucs	Aashto		
0+000	Ch	A-7-5	33.43	4.95
0+500	Cl	A-7-6	27.53	4.33
1+000	Cl	A-7-6	18.79	5.45
1+500	Cl	A-6	15.59	11.15
2+000	Cl	A-6	13.82	14.00
2+500	Cl	A-6	17.38	9.80
3+000	Ch	A-7-6	26.97	3.50
3+500	Cl	A-7-6	13.81	3.90
4+000	Ch	A-7-6	24.10	3.65
4+500	Ch	A-7-6	16.73	4.53
5+000	Ol	A-7-6	28.08	3.10

Fuente: Elaboración Propia

Para establecer el CBR de diseño, nos basamos en el criterio del Instituto del Asfalto que recomienda tomar un valor de CBR tal, que el 60, el 75 ó el 87.5% de los valores individuales sea mayor o igual que él, para determinar el valor del percentil es necesario tener en cuenta la tabla que lo relaciona con el número de ejes de 8.2 ton.

Para el diseño se tiene en cuenta los valores de CBR del resumen de descripción de suelos, obtenidos por análisis de laboratorio y correlaciones, se ordenan de mayor a menor y se establece el número y el porcentaje de valores iguales o mayores que cada uno, como se muestra a continuación:

Tabla 33

Estimación del cbr de diseño

Nº	CBR	≥ Valores	% valores ≥
1	14.00	1	5.56
2	11.15	2	11.11
3	9.80	3	16.67
4	5.45	8	44.44
5	4.95	10	55.56
6	4.53	11	61.11
7	4.33	12	66.67
8	3.90	14	77.78
9	3.65	15	83.33
10	3.50	16	88.89
11	3.10	18	100.00
	68.36	Sumatoria	
	6.21	CBR Promedio	
	CBR =		
	CBR	6.21%	
	diseño		

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1.2.Espesor de la capa de afirmado

Del "Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" y de la ecuación del METODO NAASRA

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

$$\text{Nrep de EE 8.2 tn} = 39,562.3075 = 39.562\text{E}+03$$

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} 6.21) + 58 \times (\log_{10} 6.21)^2] \times \log_{10} \times (39,562.3075/120)$$

e = 0.22 m

entonces

e = 0.25 m

4.5.Diseño de obras de drenaje

Para el diseño de las obras de artedrenaje se siguió los parámetros indicados en las normas y los datos estadísticos de senamhi como se detalla en las hojas de cálculo del **anexo N° 03 estudio hidrológico y diseño de obras de drenaje**.

Tabla 34

Obras de arte proyectadas

N°	Progresiva	Tipo	Función	Material	Sentido de Flujo	Sección Transversal	Pendiente (%)	Diámetro
1	0+093.06	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
2	0+464.28	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
3	0+782.00	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
4	0+945.60	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
5	1+487.73	Alcantarilla	Alivio	TMC	DI	Circular	2%	Ø=24"
6	1+557.76	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
7	2+154.00	Alcantarilla	Canal de riego	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
8	2+356.49	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
9	2+455.94	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
10	2+650.78	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
11	2+929.14	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
12	3+080.00	Alcantarilla	Canal de riego	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
13	3+343.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
14	3+701.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
15	3+808.60	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
16	3+918.54	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
17	4+080.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
18	4+225.00	Baden	-	CA	ID	-	2%	-
19	4+480.00	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
20	4+655.10	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"
21	4+746.30	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=24"
22	4+918.30	Alcantarilla	Alivio	TMC	ID	Circular	2%	Ø=36"

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Señalización

En el tramo del proyecto se proyectaron señales de tránsito de tipo informativa, preventiva y reglamentaria como se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 35

Señales de tránsito proyectadas

Progresiva		Tipo	Lado	Descripcion
0+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
0+740	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
0+840	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
0+880	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
1+020	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
1+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje
1+160	R-30	Reglamentaria	Izquierda	Velocidad máxima (r-30)
1+520	P-3b	Preventiva	Derecha	Curva y contracurva pronunciada a la izquierda
1+820	P-3b	Preventiva	Izquierda	Curva y contracurva pronunciada a la izquierda
1+840	P-1b	Preventiva	Derecha	Curva pronunciada a la izquierda
2+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
2+000	P-1a	Preventiva	Izquierda	Curva pronunciada a la derecha
2+300	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
2+420	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
3+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje
3+040	P-2b	Preventiva	Derecha	Curva a la izquierda
3+200	P-2a	Preventiva	Izquierda	Curva a la derecha
3+220	P-1a	Preventiva	Derecha	Curva pronunciada a la derecha
3+380	P-1b	Preventiva	Izquierda	Curva pronunciada a la izquierda
3+420	P-4b	Preventiva	Derecha	Contracurva a la izquierda
3+740	P-5-1	Preventiva	Derecha	Camino sinuoso
3+780	P-4b	Preventiva	Izquierda	Contracurva a la izquierda
4+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
4+160	P-34	Preventiva	Derecha	Baden
4+300	P-34	Preventiva	Izquierda	Baden
4+320	P-5-1	Preventiva	Izquierda	Camino sinuoso
4+400	P-3a	Preventiva	Derecha	Curva y contracurva pronunciada a la derecha
4+640	P-3a	Preventiva	Izquierda	Curva y contracurva pronunciada a la derecha
5+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje

Fuente: Elaboración Propia

4.7. Estudio socioeconómico

A través de los resultados obtenidos, se puede resaltar que las localidades y sector aledaño a la zona en estudio se encuentran en una etapa de desarrollo atrasado, debido a la falta de comunicación vial y a los bajos ingresos económicos que genera este problema.

La mayoría de los pobladores tienen como principales cultivos el arroz, plátano, yuca, café entre otros, y presentan dificultades para el transporte de estos productos ya que trasladar sus productos hacia los principales mercados de consumo local, regional y nacional.

Esta situación será superada con una alternativa de solución técnico-económica para la construcción de la carretera a nivel de afirmado, la vía se encuentra dentro de la categoría de TERCERA CLASE con una longitud de 05+000 Km, se consideró para el diseño del espesor del afirmado el Manual de Carreteras No Pavimentadas con Bajo Volumen de Transito, ya que se trata de una carretera de índice Medio Diario (IMD), menor a 200 vehículos por día.

4.8. Estudios de ingeniería

4.8.1. Estudio de suelos

Con las calicatas realizadas en la vía, de acuerdo a las normas, se han detectado en el tramo del proyecto sectores con presencia de suelos inadecuados, como son los tipos CL y CH, según la clasificación de suelos por el método de SUCS, los cuales deberán ser eliminados y reemplazados con materiales adecuados de cantera.

Para determinar la capacidad portante de la sub-rasante, se realizó un total de 11 calicatas a lo largo de todo el tramo.

Correspondiente a las canteras del cual se obtendrá material para el afirmado, presenta características adecuadas para ser explotada para el mejoramiento de la carpeta de rodadura del tramo.

4.8.2. Diseño geométrico de la carretera

El diseño geométrico de la carretera en estudio presenta características que benefician a los pobladores, garantizando la seguridad, el buen servicio, además es económica para una solución a menor tiempo posible. Para el diseño geométrico es determinante conocer la

topografía, para determinar los diferentes parámetros máximos y mínimos que la norma de diseño para Caminos Vecinales de bajo volumen de tránsito del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú establece.

4.8.3. Diseño del pavimento

El conteo vehicular IMD actual por día es de 09 vehículos/día (camioneta, camión, camión simple de dos ejes), la cual amerita realizar una calzada de 4.00 m de ancho, de un carril en dos sentidos y bermas de 0.5 m a cada lado del eje de la vía.

Con la visita de campo en el tramo en estudio que las causas del bajo valor del IMD es el mal estado de la vía, por lo que los pobladores presentan dificultad para transportar sus productos.

Para el dimensionamiento de espesores de afirmado, se utilizó la ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado.

4.8.4. Diseño de obras de drenaje

Las obras de arte son el complemento de las obras viales que sirven para prevenir y proteger a la estructura vial del contacto del agua, para ello se consideró la construcción de alcantarillas y badenes teniendo en cuenta criterios como:

Para el diseño hidráulico de las alcantarillas se ha tenido en cuenta la función que cumplirá cada una de ellas dentro del proyecto, ya sea para el alivio de las áreas de cultivos y el paso de agua de riego

Se plantean la construcción de badenes como soluciones efectivas en los tramos en los cuales el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

4.8.5. Señalización

En el tramo de la vía, se consideró la ubicación colocación de señales de tránsito preventivas, informativas y reglamentarias, así mismo la ubicación de los hitos kilométricos, los cuales permitirán el tránsito seguro en el tramo en estudio.

4.9. Contratación de hipótesis.

La contratación de la hipótesis se hizo a la necesidad de presentar la población para una mejora en la calidad de vía, y apunte al traslado de los productos cultivados en la zona, generando la reducción de los costos en transporte con el consecuente incremento de beneficios para productores y buscar el financiamiento para su ejecución de tal manera contar con una vía en condiciones óptimas. Por tanto la hipótesis, es correcta, porque formara parte del expediente técnico, para poder solicitar su financiamiento y así al ser ejecutada y por consecuencia mejorará las condiciones socioeconómicas de la población.

CONCLUSIONES

El tramo en estudio comprende 5.78 km. De camino vecinal, la topografía del lugar es alta y baja.

Existe un tramo con mucha deficiencia a mejorar del 4+820 al 5+100 de material arenisca y arcillosa.

Las calicatas fueron construidas cada 500 m de distancia a lo largo del eje del tramo.

No existe filtración subterránea en todo el tramo en estudio.

Se aprecia una estratigrafía casi homogénea horizontal del terreno, los suelos de mayor predominio son las arcillas y arenas de mediana plasticidad.

La profundidad mínima de las calicatas fue de 1.50 m respecto a la altura natural del terreno. En el tramo en su totalidad, se tendrá que realizar trabajos de mejoramiento de sub rasante con el material granular existente en la plataforma.

RECOMENDACIONES

Los materiales provenientes de los lados adyacentes y del eje mismo de la zona de corte de la carretera, servirán para ser empleados en terraplenes y rellenos.

Existe un tramo con deficiencia del km 4+820 al 5+ 100 cambiar de material grueso para su mejoría.

Al conformar la sub rasante debe compactarse al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado, previa a la colocación de la capa de afirmado.

Se recomienda realizar trabajos de mejoramiento de sub rasante escarificando el material granular existente y re compactando el mismo y luego sobre este terreno mejorado colocar la capa de afirmado.

Es recomendable que antes de colocar el material de afirmado o capa granular sobre la sub rasante, debe tener especial cuidado en eliminar todo tipo de material extraño que resulten perjudiciales para la construcción, tales como raíces, palos, troncos o material orgánico en descomposición.

El valor del C.B.R. fuerza sobre esfuerzo cortante del suelo debe alcanzar por lo menos al 10%, a fin de poder contar con una sub rasante aprobada cuyo pavimento sea firme y estable a la acción abrasiva del tráfico vehicular. También debe tenerse en consideración, durante el proceso constructivo los alineamientos, niveles y secciones transversales requeridas, en ningún caso debe colocarse la capa de afirmado sobre una sub rasante un elevado índice de saturación, el material granular a colocarse sobre la pista no debe sobre pasar el 3% de su óptimo contenido de humedad natural, el tamaño máximo del agregado grueso no debe ser mayor de 2", debiendo ser esparcido, nivelado y compactado en todo el ancho de la vía.

Es recomendable que todo material orgánico o suelo orgánico sea eliminado a fin de garantizar la calidad de la obra y reemplazado con material de la sub rasante.

Construir badenes y alcantarillas en los lugares que requiera con la finalidad de evitar el acumulamiento de agua en la rasante o capa de afirmado.

Se recomienda que el espesor de la capa de afirmado no deberá ser menor a 0.20 m.

El grado de compactación de la capa de afirmado deberá ser 100% de su máxima densidad seca del proctor modificado en cumplimiento con la norma ASTM D – 1556.

Las muestras de suelos fueron clasificados y seleccionados siguiendo el procedimiento de la Norma ASTM D-2448, las que fueron basadas en la información obtenida durante los trabajos de campo y el resultado de los ensayos de laboratorio, para efectos de clasificación se ha empleado los sistemas SUCS y AASHTO y luego correlacionarlos de acuerdo con las características litológicas el cual se consigna en el presente informe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007), *Censo Poblacional*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Especificaciones Técnicas de Rehabilitación y Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales*; Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Manual Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales*, Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*, Lima Perú.

Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción: *Reglamento de Señalización*, Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras y Normas para el Diseño de Caminos Vecinales*, Lima Perú.

PONCE, J. *Estudio Definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Km 0+000 - Km 2+920*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

RIOS VARGAS, CALEB, *Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

ANEXOS

ANEXO 01:
ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO 02:
PANEL FOTOGRAFICO